

Energia e Desenvolvimento Sustentável para a Amazônia Rural Brasileira:

Rural Brasileira:

Eletrificação de Comunidades Isoladas

Autores:

Marco Alfredo Di Lascio
Eduardo José Fagundes Barreto



Colaboradores:

Daniel Pioch e Écio Rodrigues

Ministério de Minas e Energia

Programa Luz para Todos

Apoio: Banco Interamericano de Desenvolvimento

MARCO ALFREDO DI LASCIO
EDUARDO JOSÉ FAGUNDES BARRETO

Energia e Desenvolvimento Sustentável para a Amazônia Rural Brasileira:

ELETRIFICAÇÃO DE COMUNIDADES ISOLADAS

1ª EDIÇÃO

Kaco Gráfica e Editora Ltda.

Brasília
2009

Ministro de Minas e Energia

Edison Lobão

Secretário Executivo

Márcio Zimmermann

Secretário de Energia

Josias Matos de Araújo

Diretor do Programa Luz para Todos

Hélio Morito Shinoda

Diretor Nacional do Projeto PNUD BRA 99/011

Programa de Erradicação da Exclusão da Energia Elétrica

Jeová Silva Andrade

Coordenador da Região Norte

Aurélio Pavão de Farias

Coordenador de Universalização

Manoel Soares Dutra Neto

Assessoria de Comunicação do Programa Luz para Todos

Lucia Mitico Seo

Jose Renato Penna Esteves

Unidade e Gestão de Projetos – Projeto PNUD BRA 99/011

Antonio João da Silva – Coordenador Técnico

Eder Júlio Ferreira

Manoel Antonio do Prado

Revisão

Cidália Santana

Projeto Gráfico e Diagramação

Wellington Pessoa

Impressão

Kaco Gráfica e Editora

Di Lascio, Marco Alfredo.

Energia e desenvolvimento sustentável para a Amazônia rural brasileira : eletrificação de comunidades isoladas / Marco Alfredo Di Lascio, Eduardo José Fagundes Barreto; com a colaboração, Daniel Pioch, Écio Rodrigues. Brasília : Ministério de Minas e Energia, 2009.

ISBN 978-85-62491-00-9

Inclui bibliografia.

1. Energia, 2. Desenvolvimento Sustentável, 3. Amazônia, 4. Comunidades Isoladas, 5. Marco Alfredo Di Lascio, 6 Eduardo Fagundes Barreto.

CDU 502.33

PREFÁCIO

A eletrificação de uma região é essencial para alcançar o desenvolvimento sustentável. A universalização da energia elétrica de todas as moradias rurais do Brasil vem sendo promovida com sucesso pelo Programa Luz para Todos (PLpT) do Ministério de Minas e Energia (MME). Trata-se de uma empreitada de grandes dimensões, que já atendeu cerca de dois milhões de moradias.

No caso da Amazônia as dificuldades são maiores por causa da grande extensão territorial, baixa densidade demográfica, esparcidade do povoamento, densa rede hidrográfica, inúmeras áreas alagadas e floresta compacta. Como estes obstáculos ocorrem em diferentes níveis, a implantação do PLpT iniciou pelos locais aonde é viável a extensão das redes de distribuição a partir de sistemas existentes. Para a outra parte, que representa mais da metade do território, geralmente a energia virá de geração isolada, cuja sustentabilidade requer que a fonte de energia primária seja renovável. Face a essas dificuldades e visando a expansão da cobertura para as áreas que não foram ainda atendidas o PLpT foi estendido até 2010.

Para superar as dificuldades da realidade regional do Norte do País, o MME tem buscado adequar as atuais tecnologias das fontes renováveis por meio de ações apoiadas pelo Fundo Multilateral de Investimento do Banco Interamericano de Desenvolvimento (Fumin/BID). Entre essas atividades se destacam levantamentos socioeconômicos e ambientais dessas comunidades e a implantação de projetos demonstrativos de geração de energia elétrica de pequeno porte, cujos resultados são aqui discutidos e sugeridas ações de governo para melhor adequar o atendimento energético regional. Também são apresentadas sugestões para melhorar e adequar a legislação às realidades locais.

Neste âmbito, o estudo apresenta um resumo do panorama da eletrificação da Amazônia rural, abrange a viabilidade dos diferentes tipos de energia para o PLpT, e leva em consideração o nível de investimento em energias renováveis. São abordados os pequenos aproveitamentos hidroelétricos, a energia eólica, a gaseificação de biomassa sólida. O trabalho destaca o uso energético dos frutos oleaginosos de plantas nativas, cujo potencial na região é imenso, tem a grande vantagem de agregar valor à floresta-em-pé e fortalece o vínculo das comunidades com a mesma. Sendo esta opção de geração de energia elétrica a que melhor promove o desenvolvimento sustentável da região, pois aumenta a qualidade de vida ao mesmo tempo em que evita o desmatamento.

As soluções energéticas alternativas para a Amazônia devem ser buscadas, não para substituir o atendimento convencional, mas principalmente como complemento, pelo menos até o tempo em que a maturidade tecnológica se revele competitiva para as concessionárias da Região, ou forneça alternativas para viabilizar modelos de gestão diferenciados, agregando novos agentes econômicos. Além da energia elétrica, as fontes renováveis apresentam grandes perspectivas para o aumento da renda local, com o aproveitamento de recursos da região, e ainda para diversificar a matriz energética e reduzir os custos atuais de transporte dos combustíveis fósseis.

O presente estudo reflete a larga experiência dos autores sobre a questão energética de pequenos sistemas isolados, em especial da Amazônia, Prof. Marco Alfredo Di Lascio da Universidade de Brasília (UnB) e MSc Eduardo Barreto consultor do MME. Recebe ainda contribuições do especialista no uso energético de óleos vegetais Dr. Daniel Pioch, do Centro de Cooperação Internacional em Pesquisas Agronômicas da França (CI-RAD), e do especialista em manejo florestal Prof. Écio Rodrigues, da Universidade Federal do Acre (UFAC).

Josias Matos de Araujo

*Secretário de Energia Elétrica
Ministério de Minas e Energia*

SUMÁRIO

CENÁRIO - PANORAMA E ALTERNATIVAS PARA O ATENDIMENTO ENERGÉTICO DE PEQUENOS VILAREJOS ISOLADOS DA AMAZÔNIA RURAL BRASILEIRA	9
SEGUINDO A TENDÊNCIA ATUAL A AMAZÔNIA ESTARÁ DESCARACTERIZADA EM 30 ANOS	11
A DEFICIÊNCIA ENERGÉTICA FAVORECE A DESTRUIÇÃO AMBIENTAL DA AMAZÔNIA	12
A UNIVERSALIZAÇÃO TRADICIONAL NÃO É SUSTENTÁVEL	14
AS FONTES RENOVÁVEIS SÃO PROMISSORAS	15
O USO DA BIOMASSA NATIVA RENOVÁVEL É UM PODEROSO ELEMENTO DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL	16
A DIVERSIDADE REGIONAL TORNA NECESSÁRIA A CRIAÇÃO DE NOVAS MODALIDADES DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA	17
A LEGISLAÇÃO SOBRE ENERGIA DEVE SER ALTERADA PARA ATENDER À REALIDADE DA AMAZÔNIA RURAL	18
A REALIZAÇÃO DE PROJETOS ESPECIAIS PARA CONSOLIDAR NOVAS TECNOLOGIAS E MODELOS DE NEGÓCIOS DEVE PRECEDER O LANÇAMENTO DE UM GRANDE PROGRAMA REGIONAL DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	19
O APOIO DOS ÓRGÃOS GOVERNAMENTAIS É ESSENCIAL PARA O SUCESSO DE UMA POLÍTICA ENERGÉTICA RURAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA	20
 CAPÍTULO 1 - PANORAMA ATUAL DO ATENDIMENTO ENERGÉTICO DA AMAZÔNIA RURAL BRASILEIRA	 21
MEIO AMBIENTE	22
FLORESTA E OCUPAÇÃO HUMANA	24
EXCLUSÃO SOCIAL	28
UNIVERSALIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NA AMAZÔNIA	29
 CAPÍTULO 2 - CUSTOS ELEVADOS NA UNIVERSALIZAÇÃO TRADICIONAL	 33
CUSTO DA EXTENSÃO DE REDE TRADICIONAL DE DISTRIBUIÇÃO	34
METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO PARA ANGD-MR E FV	35
INVESTIMENTOS PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E MINIRREDE	36
Implantação de Geração Distribuída Alimentada a Óleo Diesel	37
Configuração das Minirredes de Baixa-Tensão	41
Especificações das Minirredes de Alta-Tensão	41
Exemplo de Planejamento de uma ANGD-MR	42
Comentários Sobre o Custo do ANGD-MR	44

CUSTO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INDIVIDUAIS	44
Configuração dos Sistemas Fotovoltaicos	44
Especificações para Atender a Legislação	45
DESPESAS COM OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS NOVOS SISTEMAS	47
Custo de O&M com AS-Int e AS-Isol	47
Despesa com O&M do ANGR-MR	48
Custo de Operação e Manutenção do ANGD-FV	50
BALANÇO ECONÔMICO DA UNIVERSALIZAÇÃO TRADICIONAL	50
Investimento Total da Universalização da Área Rural	50
Custo Global de O&M dos Novos Consumidores Rurais	50
Despesas com Energia Elétrica ou com Óleo Diesel para Atender as Novas Ligações	51
Receita Relativa à Universalização	52
DIFÍCIL SUSTENTABILIDADE DA ELETRIFICAÇÃO DA AMAZÔNIA RURAL	52
CAPÍTULO 3 - FONTES DE ENERGIA TECNICAMENTE VIÁVEIS PARA AS ÁREAS RURAIS	55
ENERGIA HIDRÁULICA	57
Classificação das Usinas Hidroelétricas	57
Energia Disponível no Rio	58
Tipos e Potências das Turbinas Hidráulicas	59
Adequação Ambiental dos Aproveitamentos Hidroelétricos	63
Investimentos para μ CH, MCH e PCH	65
ENERGIA EÓLICA	67
Avaliação da Oportunidade da Energia Eólica	67
Incidência de Ventos na Amazônia	67
Tipos e Tamanhos das Turbinas Eólicas	68
Definição dos Esquemas de Atendimento	70
Impactos Ambientais e Cuidados Inerentes	71
Custos dos Sistemas Eólicos	71
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	71
Avaliação da Energia Solar Disponível	72
Posicionamento dos Painéis Fotovoltaicos	73
Configuração dos Sistemas Fotovoltaicos	74
Considerações Tecnológicas e Operacionais	76
Escolha e Custo das Instalações Fotovoltaicas	77
PORQUE USAR BIOCARBURANTES?	77
BIOCOMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS	78
Obtenção do Óleo Vegetal	78
Qualificação do Óleo Vegetal para Combustível, Inclusive <i>In Natura</i>	80
Exemplo de Mini-Indústria de Extração de Óleo Vegetal	80
Composição Química dos Óleos Vegetais	83
Principais Características do Motor Diesel	85
Desempenho de Óleos Vegetais em Motores Diesel	86
Motor Diesel com Pré-Câmara para Óleo Vegetal <i>In Natura</i> com Garantia do Construtor	89

Motor Diesel Multicombustível Tipo Elsbett	89
Kit para Motor Diesel de Injeção Direta para Óleo Vegetal <i>In Natura</i>	90
Misturas de Óleo Diesel e/ou Aditivos no Óleo Vegetal <i>In Natura</i>	91
Obtenção de Biocombustíveis Por Meio da Pirólise ou do Craqueamento	91
Obtenção de Biodiesel	92
BIOCOMBUSTÍVEIS SÓLIDOS E DERIVADOS GASOSOS	94
Resíduos do Beneficiamento de Frutos Oleaginosos	95
Caldeira Acoplada à Turbina a Vapor e Gerador de Energia Elétrica	95
Fornalha e Motor Stirling	96
Gaseificadores	97
Tecnologias de Gaseificação	97
Gaseificador Acoplado ao Grupo-Gerador de Energia Elétrica	100
Turbinas a Gás Alimentadas por Biomassa Gaseificada	102
BIOGÁS	102
Tipos de Biodigestor	103
Fatores que Afetam a Biodigestão	104
Fases da Biodigestão	104
Biodigestor Acoplado a Grupo-Gerador de Energia Elétrica	105
Custos para a Implantação de um Biodigestor	105
OUTRAS OPÇÕES ENERGÉTICAS	105
Gás Natural	106
Vetor Hidrogênio e Arranjos Híbridos	107
Células a Combustível em Sistemas Híbridos	107
Sistemas Híbridos Tradicionais	108
CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO ATENDIMENTO ENERGÉTICO RURAL	
DESCENTRALIZADO A PARTIR DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA	111
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA	113
Conceito de Desenvolvimento Sustentável	113
Extrativismo e a Amazônia	115
Por que os Produtos Nativos Não Acarretam em Sustentabilidade Econômica?	116
Oportunidade do Desenvolvimento	119
Estratégia da Vantagem Competitiva com o “Cluster”	121
Importância das Energias Renováveis	123
VIABILIDADE ECONÔMICA DAS FONTES RENOVÁVEIS	125
Energia Hidráulica	126
Energia Eólica	130
Energia Solar Fotovoltaica	130
Projetos com Óleo Vegetal	132
Esquema “Energia Nativa” para Aproveitamento dos Frutos Oleaginosos	133
Biodiesel	136
Biomassa em Termelétricas a Vapor	138
Gaseificador com Gerador de Eletricidade	141
Biodigestor	141

Sistema Diesel de Referência	142
Sistema Híbrido (Fotovoltaico/Eólico/Diesel)	143
Outras Alternativas Energéticas.	144
 CAPÍTULO 5 - UM MARCO REGULATÓRIO PARA O ATENDIMENTO ENERGÉTICO DISTRIBUÍDO DE COMUNIDADES ISOLADAS DA AMAZÔNIA	
EVOLUÇÃO INSTITUCIONAL DO SETOR ELÉTRICO ATÉ A CONCEPÇÃO DAS POLÍTICAS DE UNIVERSALIZAÇÃO	145
A CONSTITUIÇÃO DE 1988, O NOVO MODELO DO SETOR ELÉTRICO E POLÍTICAS PÚBLICAS DE UNIVERSALIZAÇÃO	151
A CONCESSÃO, A PERMISSÃO E A AUTORIZAÇÃO	152
POLÍTICAS PÚBLICAS – PROGRAMAS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL PÓS-CONSTITUIÇÃO DE 1988	155
PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO DOS ESTADOS E MUNICÍPIOS (PRODEEM)	155
PROGRAMA LUZ NO CAMPO	156
MODELO DE UNIVERSALIZAÇÃO DE 2002 E INCENTIVOS ÀS FONTES RENOVÁVEIS	156
PROGRAMA LUZ PARA TODOS	158
MINIRREDES E O CONCEITO DE SERVIÇO ADEQUADO	159
A DIFÍCIL UNIVERSALIZAÇÃO DA AMAZÔNIA	160
 CAPÍTULO 6 - INDICAÇÃO DE PROJETOS ENERGÉTICOS DEMONSTRATIVOS PARA AS ÁREAS RURAIS DA AMAZÔNIA	
Ocupação e Dinâmica Econômica da Amazônia	163
Formulação das Estratégias para o Desenvolvimento Sustentável	166
Definição de Estratégias de Planejamento Energético	169
Formação do Conhecimento da Amazônia	169
Projetos Demonstrativos Indicados	170
 CAPÍTULO 7 - SUGESTÕES DE AÇÕES GOVERNAMENTAIS PARA O ATENDIMENTO ENERGÉTICO RURAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA	
Atendimento Energético nas Áreas Degradadas da Amazônia Rural	173
Sustentabilidade Energética e Ambiental Onde Prevalece a Floresta Amazônica	174
Cuidados e Recomendações a Serem Observados	174
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	177

CENÁRIO

A baixa densidade demográfica e a esparsidade do povoamento da área rural da Amazônia dificultam e encarecem o acesso à energia. Em decorrência, a maioria dos vilarejos e das moradias isoladas não recebe fornecimento regular de energia elétrica, o que torna inacessível o conforto do mundo moderno e o beneficiamento da produção. Além disso, o preço elevado do combustível é um grande obstáculo para o transporte de pessoas e de mercadorias. Essa penosa realidade acarreta na baixa rentabilidade da atividade produtiva e causa sérias dificuldades econômicas para os moradores do interior, que permanecem na pobreza e na exclusão social.

Nas localidades onde não existe oferta de energia elétrica são registrados também os menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH), sendo fácil identificar que esta deficiência é o principal entrave ao desenvolvimento e ao bem estar social. Por outro lado, o fornecimento de eletricidade a partir do óleo diesel não é viável em razão dos custos operacionais excessivos. Ou seja, sem energia não há desenvolvimento possível, e com eletricidade de termelétricas a diesel não existe equilíbrio econômico durável.

Preocupado com esse tipo de realidade, que ocorre tanto na Amazônia como em várias outras áreas do território brasileiro, o Governo Federal por meio do Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003, instituiu o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da energia Elétrica, estabelecendo o prazo até 2008 para a universalização do atendimento elétrico da população do meio rural. No caso específico da Amazônia esta disposição encontrou dificuldades adicionais, pois, tanto o sistema atual, baseado na geração com óleo diesel, como a legislação em vigor voltada para as concessionárias,

não são adequados para sua área rural. A elevada demanda em investimentos e os altos custos de operação e manutenção destes modelos, além do grande número de domicílios a serem atendidos, inclusive sendo superior ao estimado inicialmente, resultaram no Decreto nº 6.442 de 25 de abril de 2008, que adiou a meta original do “Programa Luz para Todos” (PLpT) do Ministério de Minas e Energia (MME) para 2010, de modo a atender a parcela da população do meio rural brasileiro que ainda não possui acesso a esse serviço público. Tal adiamento, na Amazônia, não pode ser entendido por um descaso dos poderes públicos, mas deve ser aceito como uma cautela para evitar o desperdício de recursos públicos por meio de escolhas equivocadas de tecnologias de geração descentralizada para uma região ecologicamente complexa e, ao mesmo tempo, ambientalmente frágil.

Face à predominância da biomassa renovável nativa na Região, seu uso sustentável para a geração de renda e a produção de energia elétrica vem sendo indicado como uma alternativa capaz de reverter esta conjuntura. Contudo, outras possibilidades também são oferecidas: aproveitamentos hidrelétricos de pequeno porte não são desprezíveis, principalmente no Pará, norte do Mato Grosso, Amapá, Roraima, Noroeste do Estado do Amazonas e na área conhecida como Cabeça do Cachorro; sistemas híbridos, com uso de energia solar na base, ou mesmo sistemas fotovoltaicos individuais para residências isoladas, igualmente, podem ser largamente utilizados.

A opção pela biomassa tem a dupla vantagem de fixar a população local devido à melhoria das condições de sobrevivência, e, junto, com a valorização da floresta-em-pé vir a contribuir para sua conservação. No entanto, para efetivar esta escolha existem vários obstáculos que deverão ser superados. Um deles significa optar por tecnologias capazes de funcionar nos vilarejos e nos locais isolados,

sem exigir custos elevados de operação e manutenção. Outra barreira a ser vencida requer a criação e a consolidação de modelos de negócios adequados à realidade de um interior escassamente povoado e de difícil acesso.

Nesse contexto, o maior desafio será conscientizar e atrair empreendedores e governantes para soluções tecnológicas e práticas econômicas capazes de levar a Amazônia a ter um verdadeiro desenvolvimento sustentável. Como a demanda pelo benefício da infra-estrutura energética é muito intensa, existe um risco considerável da alternativa de geração a óleo diesel vir a ser adotada, perpetuando as atuais dificuldades econômicas. Uma opção, cujo subsídio da Conta de Consumo de Combustíveis (CCC) a torna economicamente imbatível, porém insustentável. Outra alternativa, utilizando linhas aéreas de transmissão, e de sub-transmissão, tem um alto índice de aceitação pelos planejadores, que, contudo, desconhecem a realidade regional, pois este tipo de infra-estrutura é demasiadamente cara, ou, até mesmo, ecologicamente insustentável para a maior parte das áreas isoladas da Amazônia.

Visando encontrar opções de atendimento energético para o desenvolvimento sustentável das comunidades isoladas da Amazônia rural, o “Projeto Equinócio”, da Universidade de Brasília (UnB), com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), realizou vários levantamentos sobre a situação socioeconômica e ambiental dessas comunidades e indicou alternativas de eletrificação, entre 1990 e 1999 (Araújo Neto, Vasconcellos & Di Lascio, 1991; Bentancurt, Di Lascio & Araújo Neto, 1991a,b; Di Lascio, 1996a, 1999; Di Lascio, Araújo Neto & Bentancurt, 1991; Di Lascio, Bentancurt & Araújo Neto, 1993; Di Lascio & Vasconcellos, 1990; Di Lascio, Vasconcellos & Ávila, 1993; Gregoldo & Souza, 1996; Marques, Di Lascio & Freitas, 1999; Paz & Torres, 1993; Vasconcellos & Di Lascio, 1995). Durante este período os levantamentos no Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia e na Bolívia também foram apoiados pelo Governo e Centrais Elétricas de Rondônia, Governo e Companhia de Eletricidade do Amapá, Cooperativa Elétrica de Riberalta na Bolívia, Universidade Federal do Pará (UFPA), Vigusa Universum e outros.

Seguindo a mesma linha, o “Projeto Equinócio” da UnB juntamente com Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) organizou em Brasília, em 1993, o “*Primeiro Seminário Internacional de Política Energética para o Desenvolvimento Auto-Sustentado da Amazônia (Pedasa’93)*”, conforme relatado em Di Lascio, Vasconcellos & Paz (1995). Ainda com o financiamento do CNPq e incluindo o apoio da Prefeitura de Guajará Mirim, o “Projeto Equinócio” iniciou em 1995 um “Projeto de Referência em Energia Fotovoltaica” na Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto

(Rerop), em Guajará Mirim, em Rondônia, com o objetivo de identificar opções tecnológicas adequadas para o ambiente amazônico (Di Lascio, 1996b). Em 1996 o projeto recebeu da Empresa de Participações e Investimentos Agro-Industriais e Alimentícios (Processadal) um grupo-gerador multicombustível de 115 kW, o qual foi instalado no Distrito Rural do Iata em Guajará Mirim, e, posteriormente, em 1998, transferido para o “Projeto de Óleos Vegetais”, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

A partir de 2000, o “Projeto Equinócio” passou a ser apoiado pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama), Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), Governo do Acre, além de outras instituições, e continuou a realizar levantamentos e a implementar projetos de pesquisa aplicados na Amazônia, inclusive o “Projeto de Referência em Energia Fotovoltaica” na Rerop em Rondônia (Cruz, 2005; Di Lascio, 2001a,b, 2002, 2004a,d; Di Lascio & Melo, 2002; Di Lascio, Pioch & Rodrigues, 2006; Melo, 2005; Melo *et alii*, 2006; Rodrigues, 2004a,b).

Igualmente, na busca de opções tecnológicas para a eletrificação de comunidades isoladas da Amazônia, merecem destaque mais cinco projetos de pesquisa aplicada pioneiros. O projeto sobre “Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares”, do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo (USP), de 1998, que recebeu o apoio do Programa do Trópico Úmido (PTU), do CNPq e da Aneel, e foi implantado na comunidade ribeirinha de Benjamin Constant, no Estado do Amazonas em 1998 (Zilles & Fedrizzi, 1998; Zilles, 2004). O “Projeto de Óleos Vegetais” da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) situado na Reserva Extrativista do Médio Juruá (REMJ), no Estado do Amazonas, que foi iniciado em 1998, com a participação do “Projeto Equinócio” da UnB, e apoiado pelo PTU/CNPq, pela Aneel e pelo Ibama (Correia, 2002, 2004; Di Lascio & Correia, 2001; Eloy, 2001). O conjunto de projetos de pesquisa do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (Gedae) da UFPA, formado pelo “Projeto de Aerogeradores de Pequeno Porte”, “Sistema Híbrido Fotovoltaico-Eólico-Diesel da Comunidade de Tamaruteua” e o “Projeto de Utilização de Sistemas Pré-Pagos em Minirredes”, iniciados em 1997 com apoio do PTU/CNPq (Macedo, 2002).

A partir da implementação do “Programa Luz para Todos”, a questão da universalização do atendimento elétrico da Amazônia rural passou a ser prioritária para o Governo Federal. Entre as iniciativas para equacionar de forma mais detalhada o problema, o MME recebeu o apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e do Fundo Multilateral de Investimento (Fumin). A referida ação foi efetivada por meio do convênio ATN/MT-

6697-BR BID/MME, que deu ênfase a formulação de mecanismos de identificação da demanda energética das comunidades isoladas, e realizou levantamentos, diagnósticos e projetos de eletrificação para a Amazônia, quando os autores deste trabalho atuaram de forma mais destacada no Estado do Acre (Barreto, 2004b; Dias, 2005a,b; Di Lascio, 2004c, 2005a; Di Lascio, Pioch & Rodrigues, 2006). No mesmo âmbito do “Programa Luz para Todos”, do MME, foi realizado o “*Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas (Saecx’2004)*”, em 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004 (Barreto, 2004a,b; Di Lascio, 2004b, 2005b).

Ainda sob a mesma ótica voltada para a identificação de tecnologias e procedimentos energéticos adequados para a Região Norte, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), em parceria com o Ministério de Minas e Energia por meio do Programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, promoveu a implantação de projetos aplicados de pesquisa voltados para a geração descentralizada com fontes renováveis de energia. Por iniciativa do PLpT, a partir de 2005, esta ação passou a receber o apoio do BID e do Fumin através do convênio ATN/DO-9043-BR BID/MME (Barreto, 2006a,b,c,d, 2007a,b,c,d,e,f,g, 2008a,b; Barreto, Almeida & Parente, 2005; Barreto & Parente, 2006; Zilles, 2007). Como parte da metodologia de avaliação do desempenho dos projetos do Programa CT-Energ-03/2003, o PLpT do MME com apoio do Fumin/BID patrocinou o “*Primeiro e o Segundo Seminários de Monitoramento dos Projetos Pilotos com Energias Renováveis para Atendimento de Comunidades Isoladas*”, que foram realizados em 2006 e 2007 (Barreto, 2006a e 2007b,d).

Com o objetivo de reunir informações sobre as fontes de energia capazes de contribuir para o desenvolvimento sustentável e identificar opções estratégicas de eletrificação para a Amazônia, o “Programa Luz para Todos”, por meio do convênio ATN/EA-7191-BR BID/MME, foi apoiado pelo Fundo Especial para a Assistência Técnica Européia na América Latina relativa à Energia Renovável na Amazônia. Esta atividade, no seu relatório final intitulado “Panorama e Alternativas para o Atendimento Energético de Pequenos Vilarejos Isolados da Amazônia Rural Brasileira”, recomendou priorizar o uso energético da biomassa nativa não-madeira, por sua capacidade significativa de conservação do ambiente natural (Di Lascio, Pioch & Rodrigues, 2006).

Cabe acrescentar que todos os trabalhos e pesquisas acima citados, assim como outros que não foram aqui citados, serão analisados ao longo deste trabalho. Segundo todos eles, a tarefa da universalização não é simples e nem fácil, pois indicam que os resultados consolidados da universalização somente deverão aparecer após mais alguns anos de monitoramento sistemático.

Esta publicação está distribuída em sete capítulos, que tem início com o panorama atual do atendimento energético do interior da Amazônia. Na sequência, é apresentada uma estimativa dos custos da universalização tradicional. Segue o estudo da viabilidade tecnológica das fontes de energia disponíveis, com destaque para as renováveis, avaliando o desempenho econômico destas. Em seguida, é analisada a legislação sobre atendimento energético em vigor, e são sugeridas alterações para torná-la adequada à realidade rural. Também, são indicados projetos demonstrativos com o objetivo de consolidar às alternativas tecnológicas e econômicas aqui sugeridas. Por último, são recomendadas algumas ações de governo que efetivamente poderão contribuir na implantação de um atendimento energético orientado para o desenvolvimento sustentável da Amazônia rural.

O Cenário descrito a seguir introduz e resume a problemática do atendimento energético das comunidades isoladas da Amazônia, sempre observando os objetivos da sustentabilidade e da durabilidade do desenvolvimento da Região.

SEGUINDO A TENDÊNCIA ATUAL, A AMAZÔNIA ESTARÁ DESCARACTERIZADA EM 30 ANOS

A ocupação recente da Amazônia tem provocado profundas alterações no seu meio ambiente, principalmente com o desmatamento intenso para liberar o solo destinado à agricultura e à pecuária. Por outro lado, as práticas sustentáveis adotadas pelos habitantes da floresta (antigos e recentes), durante milhares de anos sem destruí-la, podem indicar os caminhos capazes de conduzir a uma ocupação compatível com o ecossistema da região.

A comercialização de produtos não-madeiros tem uma importância fundamental na manutenção da floresta-em-pé. Inúmeras espécies de árvores amazônicas são produtoras de frutos. O estudo da dinâmica natural da floresta amazônica permite verificar os limites de uma extração racional e sustentada, geralmente estabelecido em no máximo 30% do potencial renovável. Entre os produtos não-madeiros da floresta podem ser citados: fibras, frutos, plantas medicinais, amêndoas, resinas, etc. O volume da comercialização desses produtos florestais tem oscilado bastante no período recente. A falta de crédito e os desmatamentos indicam uma tendência de redução desta atividade econômica, porém ocorrem variações que dependem das safras e dos incentivos governamentais. O mercado consumidor também é um fator importante na dinâmica de comercialização dos produtos. A castanha do Brasil tem a produção voltada para o mercado exterior, mas a borracha geralmente é consumida no território nacional.

O Domínio da Amazônia (DAM) está incluído na América do Sul, que alcança $7,59 \times 10^6$ km² (TCA, 1992), se difunde em nove países da América do Sul, sobrepassa a bacia hidrográfica do mesmo nome, e inclui a Amazônia Legal Brasileira (AmL-Br), definida com 4.906.784 km². A Floresta Amazônica, ou *Hyloea*, está contida na área do Domínio, e sua dimensão original era de aproximadamente $5,98 \times 10^6$ km² (Meggers, 1996), dos quais $3,3 \times 10^6$ km², ou 55%, pertencem ao território nacional (Shubart, 1989). No Brasil, ainda constam na AmL-Br cerca de 1.600.000 km², que abrangem áreas de cerrado e a zona transição entre a floresta e esta última.

Apesar de freqüentemente serem noticiados avanços com relação à proteção ambiental da Amazônia, os fatos continuam mostrando um quadro de devastação da natureza. Para muitos ainda prevalece o sentimento da Região ser uma fonte inesgotável de madeira e de muitas outras matérias-primas. De um modo geral, os conhecimentos tradicionais são ignorados e a ocupação é feita de forma inadequada. Como resultado, a floresta nativa é substituída por coberturas vegetais de menor porte, e a biodiversidade drasticamente reduzida. Até julho de 2005, somente no Brasil, 679.400 km² já haviam sido degradados pelo desmatamento, destacando-se que nos 11 anos anteriores a média foi de 20.400 km² por ano. Um ritmo que, sendo mantido por mais 30 anos, levará a descaracterização total de 1.291.000 km², ou cerca de 40% da área original da floresta.

Como o processo do desmatamento ocorre de forma fragmentada, o impacto global supera a extensão da área atingida, o qual representará uma mudança intrínseca e significativa na dinâmica do bioma. Um caminho aparentemente implacável, pelo menos no Brasil, cujos fatos demonstram que não há convivência possível entre a civilização ocidental e o ambiente natural, a exemplo do que ocorreu na Mata Atlântica. Ali, dos 1.306.421 km² originais, somente restam menos de 8% espalhados em pequenas áreas daquilo que outrora foi uma floresta exuberante e contínua desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul. Então, como pensar que a mesma tendência não será repetida, e num futuro não muito distante pouco existirá da magnífica Hiléia hoje conhecida?

A DEFICIÊNCIA ENERGÉTICA FAVORECE A DESTRUIÇÃO AMBIENTAL DA AMAZÔNIA

No passado, o uso econômico dos produtos não-madeireiros da floresta levou a ocupação da Amazônia, pela exploração do látex das seringueiras,

da castanha do Pará, de diversos óleos vegetais, e de outros produtos, chamados de drogas do sertão. No entanto, a partir da década de 60, essas técnicas foram sendo substituídas por culturas temporárias, trazidas por colonos sem conhecimento do ecossistema local, e passaram a destruí-lo de forma indiscriminada. Iniciou-se então a formação do que hoje é conhecido como Arco do Desmatamento, com uma parte situada na Hiléia e o restante na zona de transição, onde os habitantes retiram seu sustento da agricultura e da pecuária. Por outro lado, nos locais em que ainda prevalece a floresta original, as populações tradicionais continuam usando os produtos renováveis das árvores nativas, mas, sem energia elétrica para agregar valor à produção local, lentamente a agricultura de subsistência vai aumentando de intensidade, produzindo excedentes, e passando a compor uma parte cada vez maior da renda.

Uma parcela das moradias da Amazônia já está eletrificada por extensão de rede, ou a partir do Sistema Interligado Nacional, ou de vilas isoladas, dotadas de grupos geradores diesel. Nestas últimas, geralmente sedes de municípios, o combustível recebe o subsídio da CCC-Isol, para permitir que o valor da tarifa cobrada pelas concessionárias de distribuição seja semelhante ao praticado no restante do País, que na área rural permanece em torno de R\$ 280,00 por MWh.

Nos pequenos vilarejos distantes das redes de distribuição a situação é muito distinta, pois somente existe energia elétrica quando a própria comunidade administra o gerador e a minirrede, cuja capacidade requerida está situada entre 10 e 100 kVA, ou seja, não há serviço público de energia elétrica – que se caracteriza por ser prestado por concessionárias ou permissionárias de distribuição. Em geral o óleo diesel para alimentar esses motores é adquirido dos marreteiros, que navegam pelos rios da Amazônia comprando e vendendo mercadorias a um preço muito elevado. Quando o mesmo combustível é comprado nas sedes dos municípios o valor acompanha a tabela oficial, mas parte da economia feita é gasta no transporte até o local do consumo. Alguns desses pequenos geradores são bem conservados e mantêm a eficiência normal de 350 g/kWh; porém a maioria recebe uma manutenção precária, que provoca um consumo elevado de combustível, próximo de 500 g/kWh. Então, ao se considerar um litro de óleo diesel a R\$ 2,20 (preço na Região em março de 2008), o custo da geração se situa entre R\$ 770,00 e R\$ 1.100,00 por Mega watt-hora, sem contar as despesas com a manuten-

ção. Em vários locais, a situação ainda é mais grave, como no caso da Região do Alto Juruá, onde o diesel é vendido pelos marreteiros a R\$ 4,00 por litro, que na prática significa trocar 3 kg de feijão por um litro de combustível. Em consequência, o custo da eletricidade é o maior de todos e se situa entre R\$ 1.400,00 a R\$ 2.000,00 por MWh, sempre deixando de contar as despesas com a manutenção dos equipamentos. Portanto, o custo da energia elétrica sem o apoio da CCC é muito superior à tarifa rural, consumindo uma parcela significativa do ganho obtido com o beneficiamento, e perpetua a miséria.

De modo geral, a maioria da população amazônica que reside no interior se vale de lamparinas a óleo diesel ou a querosene por eles chamadas de porongas. Essa forma de iluminação residencial noturna é muito precária e provoca doenças respiratórias e oftálmicas, principalmente nas crianças. Barreto (2004c) mostra dados sobre a iluminância dessas lamparinas a diesel, com base em pesquisa realizada pela Universidade Salvador (Unifacs) para o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), em que ficou revelado que, na Bahia, cerca de 90% dos entrevistados utilizavam somente diesel (56,68%) ou diesel e outro combustível – querosene, GLP, vela (32,61%). Testes de luminotécnica para comparar o grau de iluminação desses energéticos com uma lâmpada fluorescente compacta de 9 watts, utilizada em sistemas fotovoltaicos, com poder de iluminação de 293 lux¹, mostraram que são necessárias 7,3 lamparinas a diesel para se obter a mesma iluminância, pois fornecem apenas 40 lux cada uma. Ou, em outros termos, são necessários 1,05 litros de diesel para se obter a mesma iluminância padrão em 1 hora de iluminação.

Barreto (2004c) ainda afirma que toda a legislação de controle sobre as emissões do óleo diesel se refere ao seu uso veicular, não havendo menção do seu emprego para outro fim que não a utilização em máquinas de combustão interna². Os gases

emitidos pela queima desse combustível têm graves consequências sobre a saúde humana, pois provocam irritação respiratória, doenças crônicas do pulmão e fibrose pulmonar, irritação do nariz e dos olhos, doenças do trato respiratório, estresse do coração, anorexia crônica, danos ao cérebro, asfixia, fadiga, dores de cabeça, náuseas e defesa imunológica alterada.

Dessa forma, a energia elétrica pode estar presente nas moradias isoladas de modo excepcional, sendo disponibilizada, em alguns poucos casos, a partir de pequenos geradores a gasolina ou a óleo diesel, e nas restantes de fonte solar fotovoltaica, neste último caso, quase todos instalados por projetos de pesquisa. Estas últimas são encontradas com capacidades entre 15 e 100 watts-pico de potência instalada, que podem acender duas lâmpadas e alimentar uma tomada para rádio. Os sistemas fotovoltaicos domiciliares com 200 ou 300 Wp de potência instalada são mais raros. Também existem equipamentos maiores, com 600 a 1000 Wp postos em escolas, postos de saúde e centros comunitários. Como o investimento da energia fotovoltaica é muito alto, seu uso em mini-indústrias é quase inexistente.

A falta generalizada de beneficiamento por causa da deficiência energética favorece a perda de mercado dos produtos não-madeireiros. Os frutos perecíveis, como o internacionalmente conhecido açaí, não podem ser transportados *in natura* pelos longos caminhos, e quando alcançam as feiras têm de ser rapidamente vendidos por preços geralmente muito reduzidos. Os óleos vegetais possuem alto valor comercial, porém seu conteúdo nos frutos e sementes é pequeno, entre 4% a 26%. Em sua maioria, esses óleos são muito perecíveis antes de serem extraídos, o que impede o transporte até algum centro maior, onde exista alguma mini-indústria de beneficiamento. O uso dos combustíveis fósseis nos deslocamentos e as grandes distâncias a serem vencidas, igualmente, dificultam a economia do interior da Amazônia, por causa dos poucos sítios em que estes podem ser encontrados a preços oficiais. Em consequência, na busca de melhorar a renda, a opção pela comercialização indiscriminada da madeira, assim como o cultivo da farinha de mandioca ou de outros grãos de baixa perecibilidade e de fácil aceitação nas feiras, resulta em alternativas atraentes, até mesmo para os moradores mais antigos, e melhor adaptados à floresta nativa.

Para agravar este quadro negativo, por toda parte acontecem ações de governo, promovidas nos três níveis, Federal, Estadual e Municipal, que incentivam a agricultura e a pecuária, com o fornecimento de máquinas e acessórios. Isso acontece em razão

¹ A unidade de medida de iluminância é o lux, definida como a iluminância de uma superfície plana, de área igual a 1 m² que recebe, na direção perpendicular, um fluxo luminoso de igual a 1 lúmen, uniformemente distribuído. O lux é medido pelo luxímetro.

² Conforme determinação do Departamento Nacional de Combustíveis (DNC), a Petrobras coloca no mercado três tipos de óleo diesel. Os tipos A e B para utilização em motores de combustão interna, sendo o segundo com menor teor de enxofre de no máximo 0,5% para uso exclusivo nas grandes regiões metropolitanas do País. O tipo D, para utilização em embarcações marítimas.

da ausência de conhecimento da rica biodiversidade local, como também porque os produtos não-madeiros demandam investimentos maiores em equipamentos e treinamentos para torná-los rentáveis.

O planejamento equivocado geralmente inicia nas prefeituras mais distantes, cujo mandatário, tanto recém-chegado como advindo de famílias tradicionais, obteve sua formação nos centros urbanos maiores, onde predomina o desconhecimento das práticas renováveis e sustentáveis. Uma característica que adicionada ao investimento elevado e à busca de resultados rápidos durante os quatro anos de mandato, não deixa espaço para o aperfeiçoamento da exploração sustentável da floresta. Nos âmbitos estadual e federal, a conservação do ambiente é ainda mais difícil de ser concretizada, pois igualmente faltam técnicos conhecedores do interior da Amazônia.

Outro fator também importante no processo de descaracterização ambiental são os investidores externos à região. Eles, geralmente, pertencem à outra realidade ambiental, e escolhem a extração da madeira, o cultivo da soja ou criação de gado, pois são negócios de sucesso econômico garantido, e, portanto, mais fáceis de serem controlados a distância.

A UNIVERSALIZAÇÃO TRADICIONAL NÃO É SUSTENTÁVEL

O número de unidades habitacionais sem energia elétrica na Região Norte apresenta alguma divergência segundo a fonte. A estimativa adotada neste trabalho toma por base o Censo de 2000 efetuado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que indicou 769.270 moradias no escuro. Destas, estima-se que 614.258 estejam em locais onde as condições são favoráveis para a extensão das linhas de distribuição a partir de sistemas já existentes. Até agosto de 2008, decorridos mais de quatro anos de execução do PLpT, a Região Norte já conta com 470.230 domicílios eletrificados, sendo a grande maioria por extensão de rede, inclusive a partir dos sistemas isolados do Acre, Rondônia e Amazonas. Porém novos números foram revelados pelas concessionárias em suas respectivas áreas de concessão. No Pará foi incluída na sua meta mais de 90 mil novas ligações para serem efetuadas. A Companhia de Energética do Amazonas (CEAM), cujo objetivo contratado com o “Programa Luz para Todos” foi de 81 mil ligações até 2008, realiza levantamento de domicílios rurais no estado. Um número parcial por ela apresentado acrescenta mais 60 mil domicílios sem energia elétrica em áreas isoladas. Esses e outros

valores revelam que a população rural a ser atendida pelo Programa será bem superior do que aquele originalmente previsto. Portanto, a redução devida a eletrificação após o ano do Censo é compensada pela identificação de novos candidatos.

A dificuldade física operacional e econômica do PLpT na Amazônia pode ser facilmente observada quando se analisa os números relativos às metas e às ligações efetuadas, por exemplo, no Estado do Amazonas, no qual das 81 mil ligações previstas entre 2004 e 2008, apenas 24% foram realizadas até meados deste último ano. O avanço do Programa no Amapá e em Roraima ainda é menor. Deve-se, contudo fazer ressalvas em relação a esta estimativa, pois a possibilidade física de extensão da rede deve ser cotada com as barreiras ambientais e, sobretudo, com o custo econômico em face de uma alternativa mais barata. Neste sentido, a Regional Santarém do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) optou por realizar a eletrificação dos assentamentos com geração descentralizada e minirredes, a partir de aproveitamentos hidrelétricos de igarapés a um custo muito inferior à extensão da rede convencional, que na região faz parte do Sistema Interligado Nacional (Barreto, Almeida & Parente, 2005).

Ainda tendo por referência o Censo 2000, além daquelas moradias atendidas por extensões de rede, foram identificados 106.619 domicílios localizados em pequenos vilarejos com no mínimo quatro casas, aos quais se acrescentam cerca de 50.000 casas muito isoladas. Para os vilarejos, aqui se indica a eletrificação por geração distribuída e minirrede, enquanto a energia das moradias isoladas deverá ser produzida por sistemas solares fotovoltaicos. A classificação de vilarejo para um conjunto mínimo de quatro casas para atendimento por minirrede teve como objetivo disseminar a instalação de infra-estrutura coletiva e favorecer a capacidade produtiva local, para evitar a migração interna em direção a maior disponibilidade energética dos aglomerados maiores. Deste modo, assumindo uma média de 20 moradias por vilarejo, deverão ser implantadas ao redor de 5.000 minirredes alimentadas por geração distribuída de energia elétrica.

A eletrificação com minirredes, ou por sistemas individuais, representa o maior custo da universalização, aqui respectivamente calculado em R\$ 18.720,00 e R\$ 20.000,00 por unidade consumidora, sempre respeitando a legislação do setor elétrico em vigor. Assim, abrangendo inclusive os novos usuários ligados às redes tradicionais de energia elétrica, a eletrificação das 769.270 residências da

Amazônia rural estimadas neste trabalho deverá requerer um investimento total de aproximadamente oito bilhões de reais.

Após ser implantado, a operação e manutenção de todo o universo rural considerado, incluindo a parte atendida com óleo diesel e aquela com fonte solar fotovoltaica, acarretará em despesas da ordem de 484 milhões de reais por ano. Como a expectativa de arrecadação não ultrapassa os 156 milhões de reais por ano, e o subsídio da CCC-Isol para os locais isolados somente complementa R\$ 153 milhões, ainda será necessário um suporte anual complementar de 175 milhões de reais, que não poderá ser demandado das concessionárias, porque elas já se encontram em situação financeira crítica.

AS FONTES RENOVÁVEIS SÃO PROMISSORAS

As fontes renováveis de energia ganharam expressão a partir do reconhecimento internacional das consequências do aumento do “efeito estufa” sobre o meio ambiente, causado pela queima dos combustíveis fósseis e das florestas tropicais. Para contrapor, a Amazônia aparece como um local privilegiado pela sua localização, onde a insolação é intensa e a produção de biomassa elevada. Entretanto, por se tratar de uma área ecologicamente sensível, toda a tecnologia adotada tem de ser limpa, e nem sempre uma energia renovável é ambientalmente aceitável.

Embora a Região seja cortada por inúmeros cursos d’água, a energia hidráulica não está disponível na vasta área da “Planície Amazônica”. Somente ao seu redor, onde os desníveis são significativos, é que a hidroeletricidade passa a ser viável. Isto ocorre em torno da bacia dos rios Amazonas, Solimões e seus afluentes, que correm do sul (Juruá, Purus, etc.), incluindo as bacias de grande parte do estado do Pará e do norte do Mato Grosso situadas em região com relevo acidentado com muitas oportunidades para pequenos aproveitamentos; assim como, da parte norte do rio Amazonas, que vem de Roraima, Amapá e da Região da Cabeça do Cachorro. Nos locais favoráveis, os grandes projetos têm sido ecologicamente questionados. Entretanto, as mini-usinas a fio d’água, com tecnologias de aproveitamento já maduras, apresentam um impacto ambiental desprezível, porém, em alguns sítios podem ter seu funcionamento interrompido por causa da sazonalidade, sendo necessário utilizar soluções híbridas, com a participação de outra fonte durante o período da estiagem. O aproveitamento da energia hidrocinética, que pouco interfere no ambiente, proporciona custos de implantação elevados, e, também, pode requerer solução híbrida, a qual ainda está em fase de desenvolvimento tecnológico e deve ficar restrita a uns poucos locais.

O potencial eólico fica quase todo limitado na área do litoral, e a tecnologia necessita de ser adequada às características regionais. Os ventos não são constantes ao longo do ano e uma solução híbrida é obrigatória, inclusive, com a participação de energia solar fotovoltaica, que não resolve totalmente o problema porque existe coincidência entre a sazonalidade dos aproveitamentos. Por outro lado, ainda não ocorreram objeções ambientais contra as turbinas eólicas, todavia o impacto visual, o ruído e principalmente a interferência no vôo das aves deve ser avaliado.

Por toda a Região o potencial fotovoltaico disponível é alto, mas o custo elevado dessa tecnologia limita a dimensão da potência instalada, que na prática a inviabiliza para ser usada no beneficiamento da produção, limitando seu uso para as moradias isoladas e pequenas aplicações comunitárias como televisão e conservação de vacinas. Também existe o risco elevado de poluição por causa do uso de baterias com chumbo e ácido, que são utilizadas para suprir a demanda noturna, ou quando a radiação solar é insuficiente. O atendimento de todas as cargas em corrente contínua tem sido demonstrado como o esquema mais robusto e de menor custo para a Região (Melo, 2005). O sistema misto com a iluminação em corrente contínua e o restante dos aparelhos em corrente alternada foi adotado com sucesso pelo Acre (Di Lascio, 2005b). Caso a legislação vigente continuar obrigando que o fornecimento da energia seja efetuado totalmente em corrente alternada³, os sistemas fotovoltaicos ficarão mais caros e a complexidade da manutenção será maior, em razão do uso adicional de inversores, que têm apresentado alto índice de falha (Di Lascio, 2005a,b; Prodeem, 2004; TCU, 2003). Contudo, haverá mais flexibilidade na compra dos aparelhos eletrodomésticos, por causa da maior disponibilidade de equipamentos desse tipo, e parece estar surgindo uma geração promissora de inversores, com capacidade de agüentar o rigor do clima (Zilles, 2007).

A opção pelo uso da biomassa como fonte primária de energia é atrativo na Amazônia porque o meio ambiente oferece condições propícias para uma alta capacidade de reprodução, tanto na floresta natural, como nas plantações sistemáticas, porém merece algumas ressalvas e destaques. A coleta de frutos e de sementes da floresta nativa não deve ultrapassar

³ Resolução da Aneel, no 83/2004, que regulamentou o uso dos Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (Sigfi).

30% da produção, para não prejudicar o ecossistema. A madeira da mata nativa somente será aqui considerada no caso do aproveitamento de resíduos de serrarias que estejam integradas a algum plano de manejo oficialmente autorizado pelo Ibama. Por outro lado, a substituição da floresta original por culturas temporárias invariavelmente acarreta em menor retorno econômico por causa das despesas com mão de obra e insumos agrícolas.

Ao longo das calhas dos extensos rios existe uma elevada incidência de espécies oleaginosas, justamente onde habita a maioria da população rural. Ali, sem qualquer investimento de plantio ou despesa de manutenção, e obedecendo, unicamente, a coleta ecológica de 30% da produção, podem ser anualmente obtidos entre 420 kg a 1.280 kg de óleo vegetal por hectare e por ano (Correia, 2002; Cruz, 2005; Aquino, 2000). Um valor significativo quando comparado ao rendimento do óleo de amendoim de 857 kg/hectare, ou do óleo de soja de somente 389 kg/hectare. Por outro lado, onde ocorreu o desmatamento, parece indicada a opção pelo plantio da palmeira do dendê (*Elaeis guineensis*), de altíssima produção específica, a qual fornece anualmente entre 3.000 kg a 5.000 kg de óleo vegetal por hectare. No entanto, no balanço final destes cultivos deve ser contado: o tempo de espera após o plantio de 3 a 6 anos para que a produção seja significativa, as despesas com insumos agrícolas, e o fato da espécie não ser nativa da região, e, portanto, mais sujeita às pragas e doenças.

Quanto aos óleos das espécies nativas é cabível adiantar que uma parte da produção, de qualidade superior, alcançará preços elevados. O restante do óleo vegetal poderá ser orientado para a via energética. Nesse sentido, na atualidade existem tecnologias emergentes para uso dos óleos vegetais *in natura* em motores diesel especialmente adaptados. Outra via passa pela transformação em biodiesel para alimentar motores de injeção direta. Contudo, o uso dessas técnicas em pequena escala, como requer a demanda das áreas rurais, ainda não garante vários requisitos necessários ao atendimento comercial de energia elétrica, entre os quais estão incluídos: confiabilidade, durabilidade, segurança e eficiência econômica dos sistemas isolados.

Após a extração dos óleos vegetais restam entre 74% a 96% de resíduos, que possuem conteúdos tanto alimentar como energético. Como na Região a biomassa é abundante, não existe demanda para aproveitar esses resíduos na alimentação de animais. A opção natural indica sua utilização em sistemas de

co-geração, que evitam a compra e o transporte do óleo diesel para produzir eletricidade, e aumentam a rentabilidade econômica da própria mini-indústria de beneficiamento. Nesta linha, o uso de caldeira e turbina a vapor é um sistema tecnologicamente consolidado devido ao seu extenso emprego pelas usinas de açúcar e álcool. A outra via, através de gaseificador acoplado a turbina a gás ou motor a explosão, e que ainda não está consolidada, vem apresentando índices elevados de intervenção para manutenção, além de haver resíduos cuja solução ecológica não está resolvida.

Outras opções como o vetor hidrogênio, as células a combustível e os sistemas híbridos também não apresentam tecnologia consolidada. Os sistemas híbridos, geralmente comportam uma geração diesel para compensar os períodos sazonais com insuficiência da fonte renovável, e são os que estão melhor definidos graças a alguns projetos-pilotos em andamento, ou concluídos.

O balanço econômico preliminar apresentado neste trabalho indica um alto custo de manutenção para todos os tipos de sistemas individuais, muito superiores ao retorno obtido pela cobrança da energia consumida. É importante mencionar que qualquer sistema energético na Amazônia é deficitário, inclusive os grandes sistemas isolados das capitais, que são mantidos à custa da CCC-Isol, paga por todos os consumidores de energia do país.

O USO DA BIOMASSA NATIVA RENOVÁVEL É UM PODEROSO ELEMENTO DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

A escolha da biomassa nativa renovável como vetor energético e de geração de renda tem a vantagem de criar um vínculo entre o ocupante da floresta e a própria floresta. Outro ponto positivo dessa configuração está em não necessitar de tratos agrícolas, bastando efetuar a coleta de modo disciplinado para garantir a sustentabilidade do esquema. Assim, ao serem introduzidas estratégias de agregação de valor aos produtos da floresta, a renda local aumenta substancialmente. De fato, em alguns poucos locais da Amazônia rural, ainda que de modo tímido, novos produtos nativos renováveis já estão sendo beneficiados.

No caso do óleo de andiroba, sua extração e venda desponta como uma estratégia que está dando certo na Reserva Extrativista do Médio Juruá (REMJJ), na comunidade do Roque, onde a população suspendeu o corte dessa espécie, fez um viveiro e passou a adensar sua ocorrência na mata (Correia,

2006). Naquele local, destaca-se a obtenção dos óleos de andiroba e murú-murú, cuja produção é menor do que a demanda, e os preços resultantes bastante compensadores, entre R\$ 10,00 a R\$ 15,00 por litro, segundo cotação de 2006. Ali foi criada uma cooperativa mista de óleos vegetais e energia, e, também, estão sendo beneficiados frutos oleaginosos de várias palmeiras. O aumento da renda dos moradores foi significativo e a comunidade inverteu o fluxo migratório. Aliás, o problema agora é como impedir que o vilarejo cresça muito por causa do atrativo da renda obtida com o óleo vegetal.

O sucesso alcançado pelo modelo implantado no Roque confirma que o caminho da valorização da biomassa representa um excelente modo de conservação da floresta nativa. Como a maior parte das populações isoladas está situada na Planície Amazônica, aonde prevalece a energia solar fotovoltaica e a bioenergia, o exemplo citado reforça o destaque dado no presente trabalho, que enfatiza a gestão da biomassa pela própria população beneficiada com a infraestrutura energética.

A DIVERSIDADE REGIONAL TORNA NECESSÁRIA A CRIAÇÃO DE NOVAS MODALIDADES DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA

Com a intensificação do beneficiamento de frutos e sementes oleaginosos, e o conseqüente aumento da oferta, certamente ocorrerá uma redução significativa no seu valor de comercialização. O mercado ficará cada vez mais exigente, e somente o óleo vegetal de melhor qualidade alcançará preços significativos. O óleo vegetal de menor aceitação, cuja quantidade oscila entre 50% a 70% do total da produção, deverá ter seu valor de comercialização inferior ao óleo de dendê, mas poderá ser transformado num poderoso elemento de independência energética de áreas remotas, propiciando energia mais confiável e a preços mais acessíveis. Na mesma direção deverão ser orientados os resíduos para prover a energia necessária ao próprio beneficiamento, e ainda suprir o vilarejo no qual ela está situada, inclusive as necessidades energéticas de mini-indústrias.

Cálculos preliminares do desempenho econômico da cadeia produtiva ligada ao óleo vegetal, efetuados com base na experiência já alcançada, apresentam uma perspectiva econômica promissora, mas algumas considerações merecem ser destacadas. A pequena dimensão dos vilarejos, que impede às mini-indústrias de beneficiamento de alcançarem o tamanho necessário para obter uma eficiência econômica máxima. O longo período de treinamento, e a demora para obter resultados econômicos positivos, que acarretaram na manutenção de pelo menos

uma parte do atual subsídio dado ao combustível fóssil para a geração de eletricidade.

Por se tratar de uma área ecologicamente sensível, a valorização da floresta-em-pé e a melhoria da qualidade de vida vinculam o homem à conservação da natureza e representam custos globais menores do que a manutenção de uma fiscalização intensiva sobre uma área tão extensa. O benefício social, com a criação de postos de trabalho no interior, que reduz o êxodo rural e evita despesas de infra-estrutura nos centros grandes urbanos, deve ser incluído no balanço econômico da cadeia produtiva do óleo vegetal.

Em função do predomínio do diesel e da contribuição da CCC, ao longo do tempo, o transporte e a comercialização de combustíveis na Região se tornaram atividades lucrativas, e acarretaram o surgimento de interesses vinculados a esse negócio por um pequeno número de empresas, que numa clara situação de oligopólio, domina o setor de combustíveis há mais de trinta anos. Até os governos estaduais se beneficiam com essa atividade, com o imposto sobre a circulação de mercadorias, que incide sobre a compra do combustível e sobre a própria venda da energia elétrica. Dessa maneira, ambos procuram dificultar a implantação de qualquer possibilidade que eventualmente traga riscos às suas atividades comerciais. Por outro lado, há ainda o fornecedor do combustível à Petrobras, que por certo tem interesse em continuar vendendo as mesmas quantidades do óleo ou até mesmo em aumentá-la. Não custa lembrar que as cifras da CCC-Isol são altas, sendo ilustrativo citar que, para 2008, foi fixado pela Aneel em três bilhões de reais.

A introdução ou o reavivamento de práticas extrativistas ligadas ao uso da biomassa nativa renovável como fonte primária de energia tem a dupla vantagem de não ser um método desconhecido na região, e de conduzir a um desenvolvimento verdadeiramente sustentável e durável. Contudo, existem muitos obstáculos para serem superados: *a)* os investimentos elevados em equipamentos e treinamentos; *b)* o grande espaço de tempo requerido para a introdução dessas “novas” atividades; e, por último, *c)* o fato de contrariar a lógica destruidora do ecossistema nativo, por aqueles que dominam o setor produtivo, calcado em práticas impostas pelo domínio econômico da parte mais desenvolvida do Brasil. Por outro lado, deve ser avaliado o fato extremamente positivo do uso energético da biomassa criar uma mercadoria que gera desenvolvimento econômico durável por produzir riquezas a partir de fontes locais renováveis.

A LEGISLAÇÃO SOBRE ENERGIA DEVE SER ALTERADA PARA ATENDER À REALIDADE DA AMAZÔNIA RURAL

A indústria de energia elétrica apresenta particularidades que torna mais conveniente sua exploração no âmbito do direito público. Em primeiro lugar não existe possibilidade de competição nessa indústria, ao menos nos segmentos de transmissão e distribuição de energia. A formação de monopólios naturais privados nesses segmentos traria uma irreconciliável contradição entre o interesse privado e a realização do interesse social. A inconveniência do monopólio estatal também é manifesta, uma vez que não se trata de uma competição estratégica em escala global em torno de produção de commodities, como no caso do petróleo.

Como a estrutura física da transmissão e da distribuição está limitada ao território nacional, isto acarreta na organização da indústria de energia elétrica em bases também nacionais. Além disso, a energia elétrica não se caracteriza como commodities, pois não é facilmente estocável e não tem mobilidade para ser comercializada no mercado internacional. De fato, a energia elétrica é um bem de produção essencial para a integração social e para o desenvolvimento, especialmente em um país de dimensão continental. Por fim, a energia elétrica é um bem essencial, pois está associada à melhoria da qualidade de vida, e ao desenvolvimento econômico, sendo ambos esses princípios consagrados constitucionalmente.

Portanto, é inegável que a exploração dos serviços de energia elétrica no espaço privilegiado de atuação econômica estatal representada pelo serviço público, assegura o provimento de atividades econômicas indispensáveis à realização e ao desenvolvimento da coesão e da interdependência social (Grau, 2002). Dessa forma deve ser entendida a universalização dos serviços de energia elétrica, imposta pela Lei nº 10.438 de 2002, ou seja, é uma política pública destinada a resgatar a grande dívida social.

Embora serviço público seja uma área de atuação privilegiada do Poder Público, este pode, através dos institutos da concessão e da permissão, contratar a iniciativa privada para a prestação dos serviços afeitos a esse ambiente. Entretanto, isso não exime o Poder Público da sua responsabilidade, em última instância, pela prestação do serviço. Em outras palavras, enquanto área de sua própria titularidade, ao poder público não é permitido transferir sua competência, ele apenas transfere a outrem o exercício da função. É o que diz a Constituição Federal ao

se referir a prestação indireta dos serviços públicos quando feita em regime de concessão ou permissão. Por isso, cabe ao Poder Público regular, controlar e fiscalizar o serviço público prestado por concessionário ou permissionário.

A possibilidade do poder concedente lançar mão da autorização para prestação de serviço público está prevista na legislação setorial, quando o concessionário não atende a solicitação do usuário para receber a ligação num prazo de 180 dias. A autorização poderia ser utilizada por estar caracterizada uma situação extraordinária de prestação de serviço público, e por se tratar de ato administrativo discricionário do Poder Público, não havendo, portanto, necessidade de contrato entre o ente público e o particular. O produtor independente de energia, sujeito às regras de comercialização regulada ou livre, atendido ao disposto na legislação em vigor e no contrato de concessão ou no ato de autorização, poderia ser uma figura jurídica que se aproximaria das necessidades de flexibilização desse serviço para a realidade amazônica.

As condições especiais para a prestação do serviço de energia elétrica são aquelas oferecidas pelas regiões isoladas do País, principalmente da Amazônia, caracterizadas pela pobreza, pela grande distância das áreas urbanas, pela enormidade dos obstáculos naturais e pela baixa densidade populacional. Tais condições exigirão da sociedade e do poder público um esforço monumental para que os serviços de energia elétrica sejam oferecidos nos mesmos moldes daqueles oferecidos nas áreas atendidas pelo sistema interligado. Ou seja, o modelo estabelecido pela legislação vigente para o setor elétrico atende aos interesses do Poder Público, dos agentes privados concessionários e dos usuários do sistema interligado. Nada tendo a ver com a realidade das comunidades isoladas da Amazônia.

Os custos, inclusive os ambientais, da universalização do serviço de energia elétrica no modelo vigente tornam inalcançável tal tarefa. Dificilmente o concessionário ou o permissionário aceitarão essas condições. A questão está relacionada ao equilíbrio econômico-financeiro dos contratos face aos custos da universalização, e assegurar a prestação adequada dos serviços com regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia e modicidade nas tarifas. Portanto, estes são os elementos da equação que o Poder Público deve montar.

O “Programa Luz para Todos” possibilita que as concessionárias antecipem voluntariamente, até o ano de 2010, suas metas da universalização pelo

atendimento da parcela da população do meio rural ainda não beneficiada. Para isso, o Programa aportou recursos a fundo perdido para as concessionárias até um limite de 75% do valor do investimento. Esses recursos são, em maior parte, oriundos de fundos do setor elétrico, tais como, a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e pela Reserva Global de Reversão (RGR). No entanto, a dificuldade do “Programa Luz para Todos” em realizar as metas estabelecidas para os estados da Região Amazônica vem demonstrando que os custos envolvidos não estão sendo suportados nas áreas de concessão.

Cabe aqui, ainda, um comentário a respeito das obrigações do “Programa Luz para Todos” relativas ao alcance dos benefícios da eletrificação face aos ditames impostos pela lei quanto à adequação dos serviços. O grande dilema é fornecer energia apenas para a fração residencial, ou suprir a comunidade com energia suficiente para alavancar o seu desenvolvimento econômico. Esse dilema está proposto nas próprias regras do Programa: de um lado, o Decreto que instituiu o Programa, no seu art. 5º, inciso V, diz que entre as prioridades está o atendimento a projetos de eletrificação rural que enfoquem o uso produtivo da energia elétrica, e que fomentem o desenvolvimento local integrado; de outro lado, o Manual de Operacionalização do Programa, previsto no próprio Decreto, que determina como um dos critérios técnicos para a eletrificação que a potência instalada de transformação, por unidade consumidora, não poderá ultrapassar 15 kVA, exceto em casos especiais, como poços d’água para atendimento comunitário, centros comunitários; e escolas agrícolas quando a carga assim o justificar.

Portanto, há um claro limite de potência imposto pelo Programa, que instala um transformador de 15 kVA para atender muitos domicílios, porém disponibiliza energia insuficiente para alavancar o desenvolvimento da comunidade. Pode-se afirmar que esse é o caso geral da eletrificação por extensão de rede no âmbito do Programa, seja ela suprida pelo Sistema Interligado Nacional ou pelos Sistemas Isolados. Entretanto, a expansão da carga pode muito bem ser atendida com reforço da rede e troca do transformador por outro de maior potência.

Essa questão se torna ainda mais complicada quando trata-se da pequena geração descentralizada e minirredes. Nesse caso a energia disponibilizada será limitada, e as ampliações dependentes de projetos específicos. Urge então a elaboração de legislação específica para disciplinar o consumo de energia e evitar a concentração exagerada de demanda não

produtiva, sendo necessário priorizar a demanda monofásica residencial. Por outro lado, o atendimento de cargas industriais, trifásicas, mais pesadas, terá de ser direcionada para fortalecer as cooperativas de beneficiamento locais.

Dessa forma, pode-se concluir que o Programa deverá, sobretudo, entender a energia elétrica como um bem de produção essencial, associado à melhoria da qualidade de vida, mesmo porque os recursos à disposição do Programa são limitados. O uso da energia para fins econômicos, em última instância, deverá relacionar-se à implantação de outros programas de governo, de preferência se a ação deles se der de forma integrada.

A REALIZAÇÃO DE PROJETOS ESPECIAIS PARA CONSOLIDAR NOVAS TECNOLOGIAS E MODELOS DE NEGÓCIOS DEVE PRECEDER O LANÇAMENTO DE UM GRANDE PROGRAMA REGIONAL DE ELETRIFICAÇÃO RURAL

Nos últimos anos, a academia, instituições multilaterais, empresários locais e o governo, preocupados com a sustentabilidade e compatibilidade do modelo de ocupação da Amazônia, vêm propondo, e, mesmo experimentando, novas tecnologias e modelos de negócios, aparentemente mais apropriados à realidade local. No entanto, estas novas práticas ainda estão pouco testadas, e, por enquanto, seu emprego em larga escala deve ser efetuado com cautela, para evitar insucessos e prejuízos inerentes, como aconteceu com o Prodeem na década de 1990 (Prodeem, 2004; TCU, 2003).

A questão ecológica deve ser encarada com extremo cuidado para evitar desgastes com resultados ambientais negativos. Cabe lembrar os prejuízos ambientais causados pelas primeiras grandes usinas hidroelétricas construídas na Amazônia, especialmente as usinas de Balbina e Samuel, cujos exemplos bloquearam, e, ainda hoje, continuam retardando o uso de uma energia, em princípio, econômica, limpa e renovável. Entre as falhas daqueles empreendimentos foram relevantes a inexistência de meios que facilitassem a migração das espécies nos cursos d’água, as grandes áreas inundadas, as consequências sociais negativas e o impacto ambiental do traçado das linhas de transmissão. Aliás, todos representaram temas quase que ignorados até o final da década de 90, pelo planejamento dos novos aproveitamentos hidráulicos. Estas questões, e seus efeitos negativos, foram alertados desde os anos 70 por vários autores, entre eles: Baiardi (1981), Cas-

tro (1981), Castro & Andrade (1988), Di Lascio & Vasconcellos (1990), Di Lascio et alii (1993 e 1995), EPRI (1983), Fearnside, (1990), Goodland (1977), Peet (1992:154), Rosa et alii (1988), Valença (1991) e Zorpette, (1988). Mesmo assim, até bem pouco tempo, os projetos energéticos eram norteados pela ótica puramente economicista. Isto impedia de efetuar qualquer correção de rumo, pois as sugestões voltadas para o uso mais racional e ecológico das fontes de energia sempre acarretaram no aumento economicamente indesejável dos investimentos e dos custos de operação e manutenção.

Para compatibilizar os enfoques econômicos e ambientais, justifica-se a demanda pela implementação de Projetos Especiais por concessionárias ou por outros agentes do setor, os quais deverão conter entre os objetivos a consolidação de novas tecnologias e de modelos de negócios, adequados à Amazônia. Neste âmbito, existe uma série questões que precisam ter respostas consolidadas, tais como: custo de aquisição, operação e manutenção dos sistemas; garantia de fábrica dos equipamentos; internalização dos processos e equipamentos; eficiência energética dos procedimentos; quantidade e impacto dos rejeitos, assim como da emissão de sólidos, líquidos e gases; condições de segurança a serem respeitadas de acordo com a lei de cada local; quantidade de treinamento necessário para capacitar os técnicos; procedimentos para absorção pela população local. Parte dessas respostas já são conhecidas pelos resultados apresentados por alguns projetos bem sucedidos implantados no âmbito do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, e outros de caráter semelhante, como o “Projeto Equinócio” da UnB e o “Projeto de Óleos Vegetais” da UFAM.

Tais projetos, destinados ao atendimento de comunidades isoladas, precisam ter condições especiais de implantação, desenvolvimento e monitoramento. Como os custos econômicos e ambientais dos atendimentos com extensão de rede

convencional são proibitivos, eles deverão ser projetos integrados contendo: sistema de geração, de distribuição e de consumo de energia elétrica, estruturados em minirredes. Face as suas características, poderão ser executados, prioritariamente, com recursos subvencionados do setor, e deverão ser implantados, prioritariamente, com sistemas híbridos de geração, incluindo, pelo menos, uma fonte de caráter renovável. Na escolha de um projeto, deverá ser preponderante a tecnologia que melhor responda à fonte local de energia, em comparação com o atendimento por sistema convencional (extensão de rede elétrica), com o objetivo de realizar a ligação pelo menor custo unitário.

O APOIO DOS ÓRGÃOS GOVERNAMENTAIS É ESSENCIAL PARA O SUCESSO DE UMA POLÍTICA ENERGÉTICA RURAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA

Os custos elevados de implantação e de operação do atendimento energético das áreas rurais da Amazônia implicam a obrigatoriedade do apoio governamental, tanto na forma de subsídio direto como por meio da participação dos agentes ligados à questão. A iniciativa e o apoio do Governo para adequar a legislação à realidade das comunidades isoladas é outra iniciativa de caráter relevante.

Indica-se a necessidade da realização de levantamentos como aquele efetuado na Regional do Juruá para melhorar a estimativa dos custos de implantação dos novos sistemas. A continuidade dos estudos para definir melhor os equipamentos e a metodologia de planejamento energético da Amazônia rural, representará custos menores, e, principalmente, a redução da perda de investimentos devido ao sucateamento de sistemas inadequados para a Região. A parceria com a iniciativa privada pode ser um caminho viável para garantir a durabilidade do desenvolvimento a ser implantado.

PANORAMA ATUAL DO ATENDIMENTO ENERGÉTICO DA AMAZÔNIA RURAL BRASILEIRA

Na Amazônia rural brasileira, mais de dois milhões de pessoas não têm acesso à energia elétrica. A iluminação noturna é realizada por lamparinas alimentadas com óleo diesel, que, além de precárias, ainda provocam doenças respiratórias, principalmente nas crianças. A locomoção dessas populações é igualmente deficitária, pois a maioria não possui, nem mesmo, uma simples canoa a remo.

Quando alguma família, ou um pequeno vilarejo, possui um grupo-gerador ou um motor para a canoa, grande parte da renda local é drenada pela aquisição do combustível a preços aviltantes de algum vendedor fluvial ambulante, também chamado de marreteiro. Em consequência, prevalece a exclusão social desses habitantes que, por falta de opção, destroem o ambiente natural na busca de algum recurso financeiro para internalizar um pouco do conforto do mundo moderno.

Este quadro lamentável é agravado por estar inserido no maior ecossistema contínuo de florestas tropicais do Planeta, cuja riqueza natural vem sendo destruída, em vez de ser aproveitada para melhorar, de forma sustentável, as condições de vida da população que nele habita. Ali, a elevada esparsidade das espécies naturais obrigatoriamente requer alguma contribuição energética para viabilizar seu beneficiamento de modo a agregar valor à produção local, e, assim, torná-la economicamente rentável. Em consequência, a falta de conhecimento e de meios para o seu aproveitamento racional acarreta na procura rápida de melhoria da renda em detrimento do meio ambiente natural.

O estudo desta grave situação energética, social e ambiental, apresentado neste capítulo, toma por base principal as informações disponíveis na lite-

ratura pertinente. Com o mesmo objetivo, são considerados os dados recolhidos por vários levantamentos de campo realizados por integrantes do “Projeto Equinócio” da UnB, com o apoio e/ou a participação de instituições governamentais, tais como CNPq, Ibama, Aneel, PLpT/MME, BID, Governo do Estado do Acre, etc, e efetuados nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará e Rondônia, conforme Di Lascio (1996b, 1999), e Di Lascio, Pioch & Rodrigues (2006), entre outros. Também foram levados em conta trabalhos construídos no âmbito do MME, tais como Barreto, Almeida & Parente (2005).

O presente capítulo inicia apresentando um resumo sobre o meio ambiente natural da Amazônia brasileira, que indica solos pobres, altos índices pluviométricos e ecossistema complexo e frágil. Em seguida, é traçado um quadro sucinto sobre a floresta e a ocupação humana, cujo cenário de devastação aguda é resultante do desenvolvimento econômico nela implantado, e possibilita antever que, em mais 30 anos, a Amazônia brasileira estará descaracterizada. Na sequência, são emitidas algumas considerações abordando o fenômeno da exclusão social, com reflexões sobre as consequências ambientais negativas desta realidade. Por fim, é exposto um panorama do estado atual da falta de eletrificação rural na Região, aonde se destaca a existência de 769.270 novos consumidores para serem atendidos. Entre estes estão identificadas 106.619 ligações, reunidas em conjuntos de quatro ou mais residências, que ao se assumir uma média de 20 casas por vilarejo, resulta na demanda pela implantação de 5.330 novos sistemas dotados de minirrede e geração distribuída de energia elétrica. Também encontra-se relatada a existência de 48.393 novos atendimentos para serem concretizados por sistemas fotovoltaicos residenciais individuais.

MEIO AMBIENTE

A área da **Amazônia Legal Brasileira (AmL-Br)** está definida pelas Leis nº 1.806, de 6/01/53, e nº 5.173, de 27/10/1966, cuja dimensão territorial abrange os sete estados da Região Norte, e ainda incorpora a maior parte do Mato Grosso no Centro-Oeste e uma área do Maranhão

à Oeste do Meridiano 44, no Nordeste. Uma definição que, conforme mostram as Figuras 1.1 e 1.2, ultrapassa os limites do bioma amazônico, e abarca áreas de transição com o cerrado e outros ecossistemas. No interior deste perímetro, as ações de desenvolvimento gozam de incentivos específicos, muitos deles voltados para a exploração sustentável da floresta.



Figura-1.1. Amazônia Legal Brasileira.
Fonte: Di Lascio, Pioch & Rodrigues (2006).

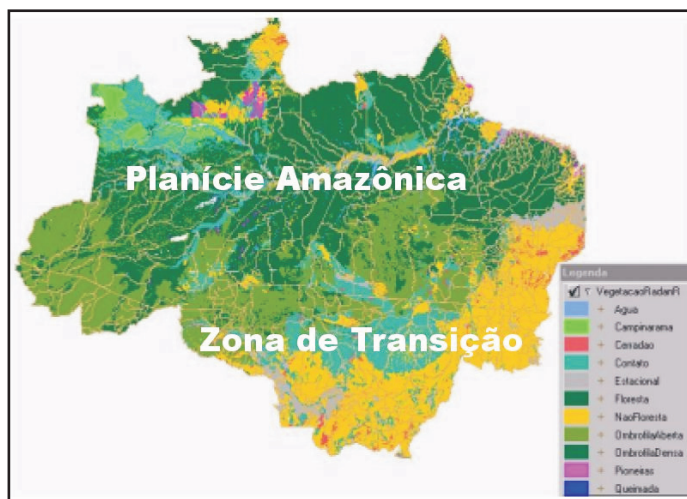


Figura-1.2. Biomas da AmL Brasileira.
Fonte: ibdem.

Na Amazônia, as temperaturas são geralmente elevadas, situando-se entre 22°C e 42°C. Na Região Ocidental, ou mais especificamente em Rondônia, Acre e parte do Amazonas, acontece o fenômeno da “friagem” nos meses de maio e junho, provocada pela entrada de ar frio vindo do sul, fazendo a temperatura baixar até valores inferiores a 10°C.

Nas áreas aonde prevalece a floresta, as chuvas são intensas e contínuas, conforme mostram as Figuras

1.3 e 1.4. Vale destacar que as folhas interceptam até 75% da precipitação e a água da chuva acaba retornando para a atmosfera em forma de vapor d’água. Em consequência, quando, naqueles locais, ocorre o desmatamento, o solo é rapidamente lixiviado pelo grande volume de água, que corre livremente sem os obstáculos de troncos e raízes. No restante da área, em geral, estão as nascentes dos rios, e acontece um período de estiagem, com a diminuição acentuada no nível das águas, que afeta, inclusive, as regiões de chuvas continuadas.

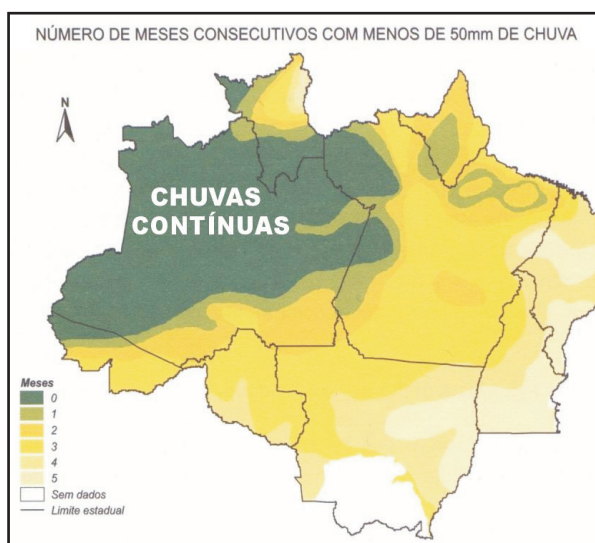


Figura-1.3. Zonas de estiagem na AmL-Br.
Fonte: Arima (2001).

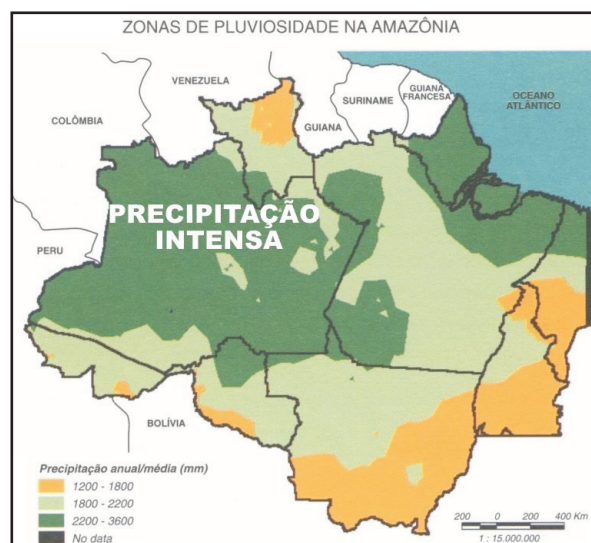


Figura-1.4. Quantidade de chuva na AmL-Br.
Fonte: ibdem.

Tanto na Planície Amazônica como na Zona de Transição predominam as áreas planas, nas quais floresce uma densa cobertura vegetal, chamada de Hiléia, constituída por árvores de médio e grande porte, que atingem mais de 40 metros de altura. As copas das árvores estão sempre bastante juntas, ou superpostas, for-



Figura-1.5. Dossel Dominante.
Fonte: Di Lascio, Pioch & Rodrigues (2006).



Figura-1.6. Terras elevadas na Rerop.

Nas partes mais baixas as inundações são periódicas, a semelhança do que mostra a Figura-1.7, que tem como exemplo outra vista da Rerop. Também exis-



Figura-1.7. Terras periodicamente inundadas na Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto.
Fonte: Di Lascio, Pioch & Rodrigues (2006).

As terras elevadas, chamadas de diques marginais ou várzeas altas, têm início nos contrafortes das montanhas e colinas que circundam o ambiente amazônico, e, normalmente, estendem-se até o limite do nível das águas durante as enchentes. Estas terras contêm solos muito férteis e somente ficam alagadas durante as enchentes excepcionais. Quando a chuva cessa, a água sempre escorre em pouco tempo, evitando que as raízes recebam uma umida-

mando um Dossel Dominante, cujo bloqueio da radiação solar inibe o desenvolvimento de plantas rasteiras, conforme observado na Figura-1.5. Nas terras elevadas às inundações são raras, como no exemplo da Figura-1.6, que retrata a Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto (Rerop), situada no noroeste de Rondônia.

tem regiões com o solo quase sempre submerso, como visto na Figura-1.8, na qual se observa as imediações do vilarejo de Sucurijú no leste do Estado do Amapá.

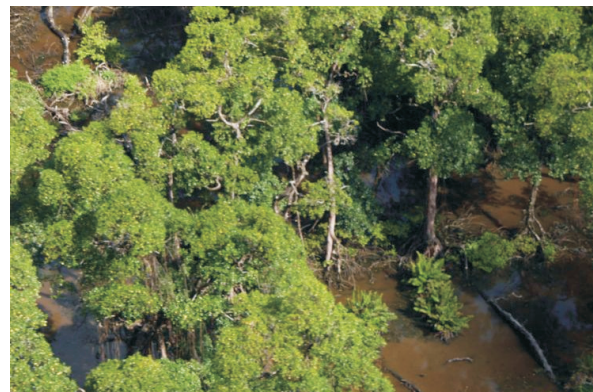


Figura - 1.8. Inundação quase permanente nas imediações de Sucurijú.
Fonte: ibdem.

de excessiva. Uma das árvores mais características desse tipo de solo “seco” é a castanheira (*Bertholletia excelsa*), que não sobrevive quando a umidade aumenta. Nessa parte, floresce o cedrorana (*Cedrelinga catenaeformis*), a samaúma (*Ceiba pendra*) de madeira branca e leve, e a palmeira babaçu (*Orbignya phalerata*). São espécies comuns das florestas tropicais úmidas em lugares de alta diversidade de espécies por hectare, da qual podem ser extraídos

os mais variados produtos. Em razão da dificuldade de acesso e da falta de recursos hídricos durante o período da estiagem, estas terras são habitadas e cultivadas apenas em certos trechos.

Nas áreas periodicamente inundadas, constituídas pelas várzeas, acontece o ambiente mais extenso da região, formado pelas terras baixas do rio Amazonas, e, ainda, pelas margens fluviais que são submersas durante as elevações sazonais dos níveis das águas quando, por exemplo, alcançam nove metros em Porto Velho e 15 metros em Manaus. Nessas áreas, os solos são ricos e permanecem inundados por quatro a sete meses do ano, não sendo habitadas de forma contínua. São locais onde o aumento da umidade do solo também provoca o aumento da densidade da vegetação de pequeno porte inserida na floresta. Nas várzeas é comum encontrar oeirana (*Alchornea castaneifolia*), imbaúba ou sambacuí (*Ceropia palmata*), seringueira (*Havea brasiliensis*) e várias palmeiras.

As zonas quase sempre submersas são chamadas de igapós, e estão localizadas no estuário do Amazonas. Ali, os sedimentos ainda não elevaram o solo muito acima do nível mais baixo das águas do período da seca. Os igapós ficam imersos durante nove a dez meses do ano e apresentam solos ácidos, sem valor agrícola, porém cobertos de mata geralmente rica em palmeiras, como o açaí (*Euterpe oleracea*) e o buriti (*Mauritia vinifera* ou *Mauritia flexuosa* Mart.). Nesses igapós também são encontradas aroparis (*Macrobium acaciaefolium*), louro-do-igapó (*Nectandra amazonum*) e, ainda, jacareúba (*Celophyllum brasiliense*), que são árvores altas de madeira vermelha adequadas para construção. A seringueira e o buriti estão entre as plantas que necessitam submergir as sementes durante alguns meses, para que possa ter início o processo de reprodução da espécie. No entanto, caso o período de imersão se prolongue por um tempo superior ao normal, os brotos se afogam e morrem. Por este motivo, o represamento de áreas causado pela construção de estradas ou barragens impede a renovação destas espécies, e destrói o bioma existente.

A dinâmica da floresta amazônica influi nas características dos fluxos d'água, criando rios brancos, negros e de águas esverdeadas. Os rios brancos são aqueles que transportam uma grande quantidade de sedimentos finos, como argila e siltes em solução, ao mesmo tempo em que arrastam areia em seu leito. Os rios negros, por sua vez, nascem e correm entre terras firmes, com muitas florestas que chegam até suas margens. Por isso, pouca quantidade de sedi-

mentos é levada pelas águas, sendo apenas encontrada matéria orgânica em decomposição provida, em sua maior parte, da serapilheira da floresta (camada de folhas e restos animais do chão da mata). Apesar de carregarem poucos sedimentos misturados em suas águas, os rios negros transportam alguma areia em seu leito, e por isso, às vezes ocorre a formação de bancos de areias no seu curso. Existem também os rios de água esverdeada, que quase sempre vêm de longe, principalmente de áreas entre o cerrado e os primeiros indícios de matas, como o baixo Tapajós. Os rios “brancos” têm maior quantidade de peixes, e suas várzeas são mais férteis por conterem uma maior quantidade de sedimentos.

FLORESTA E OCUPAÇÃO HUMANA

Antes do seu descobrimento, a Amazônia era povoada por indígenas, que se localizavam ao longo dos cursos d'água, e mantinham um relacionamento equilibrado com a natureza, cujas limitações haviam aprendido a reconhecer durante alguns milênios de convivência com a floresta. Eles possuíam um estágio de desenvolvimento característico das primeiras fases da Revolução Agrícola, com alguns animais domesticados e uma agricultura de subsistência muito rudimentar. O tempo livre era escasso, mas já existiam realizações culturais, incluindo cerâmicas e pinturas.

A colonização, iniciada no século XVI, em vários locais ocupou o mesmo espaço dos indígenas, e passou a ser chamada de população tradicional. Ela se situou a beira d'água, e tinha como elemento econômico principal as drogas da floresta, também conhecidas como “drogas do sertão”, que eram produtos florestais não-madeireiros, tais como gomas, fibras, frutos, plantas medicinais, amêndoas, resinas, etc. O relacionamento dessa nova população com a natureza era bastante equilibrado, pois extraía o seu sustento da floresta-em-pé, e, portanto, raramente praticava o corte de árvores.

Ao mesmo tempo em que os novos colonizadores conviviam com a floresta, outros, em geral sem conhecimento da realidade local, percebiam a área como de abundância fácil e floresta infinita. Essa visão foi estabelecida a partir dos relatos de riqueza e diversidade da flora e da fauna, ambas interpretadas como demonstradoras da inesgotável fertilidade dos solos da região, conforme divulgaram os primeiros exploradores.

A partir de 1751, por ocasião do governo do marquês de Pombal, iniciou-se a emancipação políti-

ca da Amazônia brasileira quando Belém foi promulgada como sede administrativa do Norte do Brasil. A nova administração substituiu as práticas antigas pelas lavouras de café, tabaco, algodão e arroz. Na mesma época, o cacau, que até então era extraído da floresta em estado natural, passou a ser cultivado. A pecuária também recebeu um grande impulso, com a criação de gado no vale do rio Branco. Em fins do século XIX, a região experimentou outra fase de grande prosperidade, com a volta do extrativismo, agora movido pela extração do látex das seringueiras, destinado a fabricação de borracha.

Com a emancipação política, também passou a prevalecer o conceito da floresta ser um obstáculo ao desenvolvimento, que somente poderia vingar após sua eliminação pelo corte raso do desmatamento. Este raciocínio ia de encontro ao fato da alta diversidade de espécies por hectare, que acarretava na exploração de grandes áreas para tornar economicamente rentável a coleta de produtos não-madeireiros. Ademais, quando em algum local se praticava o mono-extrativismo, como viria a ocorrer no futuro com a borracha, a área demandada tinha de ser ainda maior.

Quando, em 1891, se fabricou nos EUA o primeiro pneu para automóvel, o Brasil detinha o monopólio natural da borracha, totalmente extraída de plantas nativas, por colonos chamados de seringueiros, que viviam no interior da floresta amazônica. No decênio 1901-1910, o país exportou a média anual de 34.500 toneladas do produto, representando 28% do total do seu comércio exterior. Esta situação foi alterada com a plantação de seringueiras na Malásia, que em 1913 já produzia 47.618 toneladas de borracha cultivada contra 39.370 toneladas de borracha silvestre do Brasil. Nessas novas plantações, o seringueiro passou a caminhar bem menos para obter uma quantidade maior de látex. Em consequência, os custos ficaram muito menores, e a concorrência reduziu as exportações do Brasil a 2.224 toneladas em 1932. No início da década de 70, a produção mundial de borracha vegetal alcançou três milhões de toneladas, com a Malásia respondendo por 1.250.000 t, a Indonésia por 800.000 t, a Tailândia por 300.000 t e o Brasil apenas com 25.000 toneladas, representou a décima primeira produção mundial, mas unicamente destinada ao mercado interno. Na mesma época, o Peru e a Bolívia também colheram borracha nativa, porém em menor volume.

A pequena produção brasileira de borracha vegetal nativa somente continuou a existir devido a Lei nº 5.277 de 1967, que estabeleceu a obrigatorie-

dade da União comprar a produção nacional por um preço mínimo. O mecanismo instituído pelo Brasil foi a Taxa de Organização do Mercado da Borracha (Tormb), cobrada na comercialização de borracha e látex vegetais e sintéticos, nacionais e estrangeiros. A Tormb passou então a complementar a diferença entre o preço da borracha vegetal no porto de Santos e aquele estabelecido para a comercialização do produto no mercado nacional. No início dos anos 90, das 113.000 toneladas de borracha vegetal consumidas pelo Brasil, somente 30.500 toneladas eram de produção nacional, e provinham quase totalmente dos seringais nativos do país.

No passado recente, a produção mínima anual de um seringueiro, igual a 500 kg de borracha, passou a requerer que cada um, em média, utilizasse de 300 a 500 ha. A introdução de novas tecnologias, como foi o caso da produção da “folha fumada”, um produto absorvido diretamente pela indústria de artefatos de borracha, aumentou a produtividade do trabalho do extrativista. Mesmo assim, a proporção homem/hectare foi mantida a mesma para compensar a perda de preço do produto no mercado e, assim, garantir a sobrevivência do seringueiro. Desse modo, quando se dividem as citadas 30.500 toneladas de borracha natural pelos 500 kg colhidos por cada seringueiro, o resultado é um contingente de 61.000 indivíduos extraíndo o seu sustento da floresta-em-pé, e garantindo a sobrevivência de mais de 240.000 pessoas.

Segundo o trabalho de Mauro B. de Almeida, Professor da Unicamp e assessor do Conselho Nacional dos Seringueiros, no Alto Juruá, estado do Acre; um seringueiro e sua família utilizam mais de 150 espécies não cultivadas, entre as quais constam 87 de origem florestal (Cunha & Almeida, 2002). Neste universo, foram reunidas aquelas de base alimentar, as madeiras, as medicinais e outras com valor comercial – às quais se somaram 65 espécies de animais, a maioria destinada à alimentação, com predominância de mamíferos e aves. Tal uso do ambiente, ao ser bem dosado, pode explorar o ecossistema de forma renovável, porém ainda deve ser melhor avaliado pelos estudos econômicos.

Nas últimas décadas, a perda de mercado e a queda de produtividade de alguns desses produtos, como a borracha nativa e a castanha do Pará, estão levando essas pessoas a praticar a agricultura e a pecuária, e, em consequência, elas estão provocando alterações irreversíveis na cobertura vegetal original. No estado do Pará, o conhecido Polígono dos Castanhais, na região de Marabá, já não

pode receber esta denominação porque mais de 54% de sua superfície – grande parte da qual era dominada por castanhais – foi transformada em pastagens, roçados e capoeiras. O desmatamento é invariavelmente acompanhado pela queimada para limpar a área. A Figura-1.9 mostra que a re-

gião do Arco do Desmatamento se sobrepõe à área onde, também, acontece um período de estiagem delimitado na Figura-1.3. A Figura-1.10 confirma a grande ocorrência de fogo na citada área, exceto nos sítios reservados para unidades de conservação federais e terras indígenas.

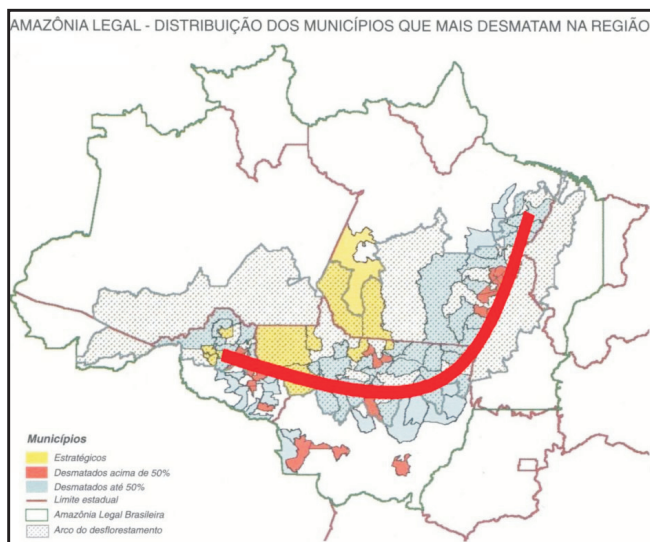


Figura-1.9. Arco do Desmatamento.

Fonte: Menezes (2001).

Em termos de tendência populacional, segundo Sawyer (2001), no Pará, as cidades do interior crescem mais que Belém, enquanto no Amazonas, Manaus quase reúne toda a população urbana. Ainda segundo Sawyer, muitos dos migrantes antigos deixaram de ser desbravadores que se deslocam sucessivamente floresta adentro, pois a fronteira não está mais aberta. Os pioneiros aprenderam que existe terra, mas sempre em conflito, e que na selva, sem infra-estrutura e sem crédito, seu valor produtivo é quase inexistente. As novas gerações incorporaram a saúde e a educação como necessidades para a sua reprodução, que são fatores importantes para garantir a permanência nos seus locais de origem.

Quanto aos indígenas, nos locais que permaneceram sob seus domínios, eles continuaram a man-

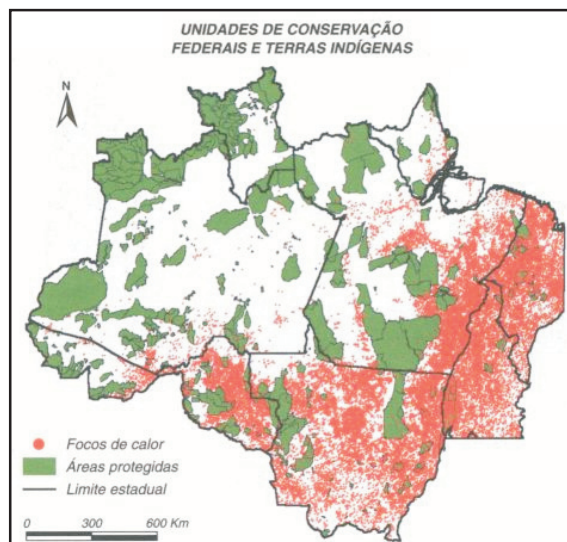


Figura-1.10. Menos fogo nas áreas protegidas.

Fonte: Arima (2001).

ter as mesmas práticas de subsistência, e habitando às margens dos cursos d'água. Com a sobrevivência básica garantida, eles somente passaram a necessitar de uma renda maior para ter acesso às utilidades criadas pela civilização ocidental.

De modo geral, a densidade populacional acompanhou o índice pluviométrico, mas de forma inversamente proporcional. A Figura-1.11, ao ser comparada às Figuras 1.3 e 1.4, possibilita concluir que se chove mais, a densidade populacional é menor. Por outro lado, a Figura-1.12 indica que a política ambiental do MMA para a Amazônia está favorecendo a conservação da biodiversidade nas áreas com maiores índices pluviométricos.

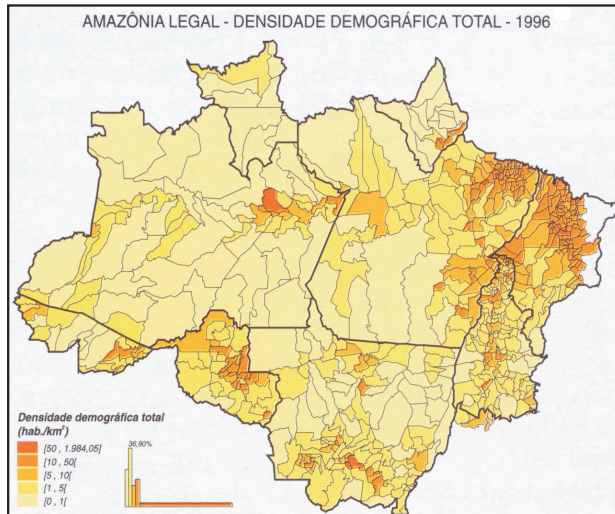


Figura-1.11. Mais chuva, menor densidade demográfica.
Fonte: Sawyer (2001).

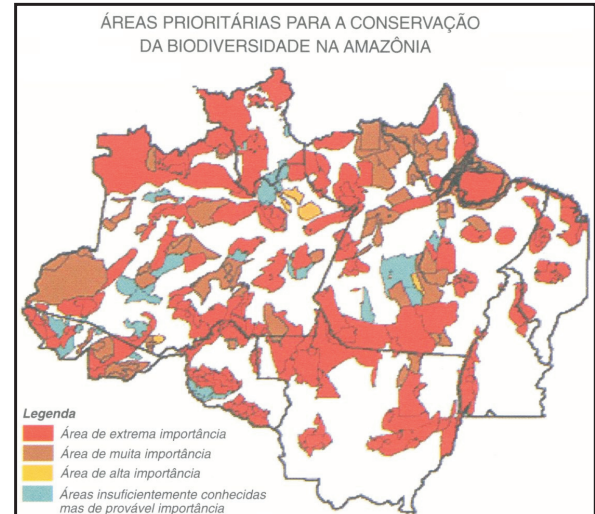


Figura-1.12. Mais chuva, mais áreas de proteção ambiental.
Fonte: Machado & Aguiar (2001).

Com a introdução da agricultura e da pecuária no Arco do Desmatamento, conforme mostra a Figura-1.13, também passou a ocorrer uma acentuada degradação ambiental. Por causa das longas distâncias e do solo pobre em nutrientes, a produção foi pequena e a renda muito baixa, gerando uma situação de pobreza generalizada, porém, de acordo com a Figura-1.14, apresentando um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) um pouco superior aos sítios essencialmente ex-

trativistas. De fato, o IDH mais elevado no Arco do Desmatamento não corresponde a melhoria da Qualidade de Vida, pois esconde uma intensa concentração de renda nos centros urbanos em detrimento da população rural, a qual permanece imersa na pobreza e na exclusão social. Este resultado é ainda pior para o meio ambiente, pois aonde a atividade extrativista cessou de existir, o índice de desmatamento por família aumentou de menos de um hectare para cerca de dois hectares por ano.

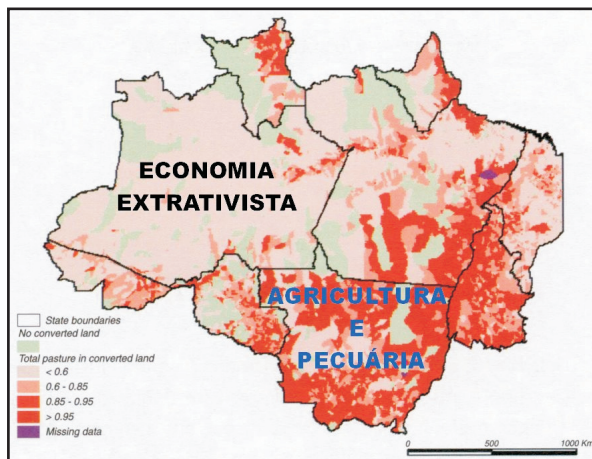


Figura-1.13. Uso do solo em 1995.
Fonte: Arima (2001).

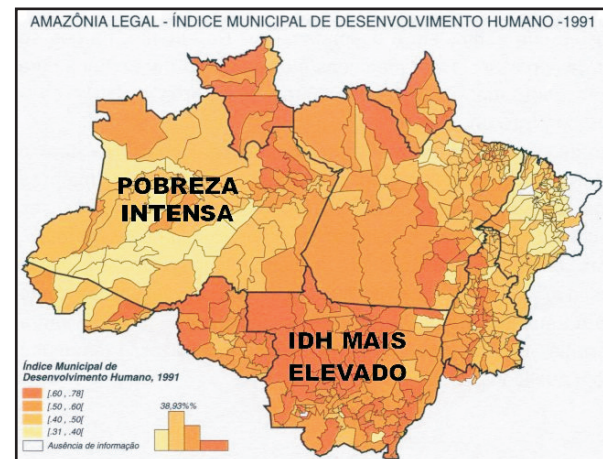


Figura-1.14. Menor IDH aonde chove mais.
Fonte: Sawyer (2001).

As áreas com inserção da agricultura e da pecuária foram definidas para atender às iniciativas de ocupação da Amazônia efetuadas pelos Governos Militares das décadas de 60 e 70, os chamados “Projetos de Colonização”. Nesses locais, a questão ambiental não mereceu a menor consideração, e os lotes foram planejados, como exemplifica a Figura-1.15, ignorando até mesmo os cursos d’água, cuja

importância era vital em uma região tão isolada. Em consequência, no Sul e no Leste, as interligações rodoviárias se multiplicaram, conforme demonstra a Figura-1.16. Por outro lado, na Amazônia Ocidental, que representa a área de maior pluviosidade, o transporte continuou a ser essencialmente fluvial, e os habitantes permaneceram distribuídos ao longo dos cursos d’água.

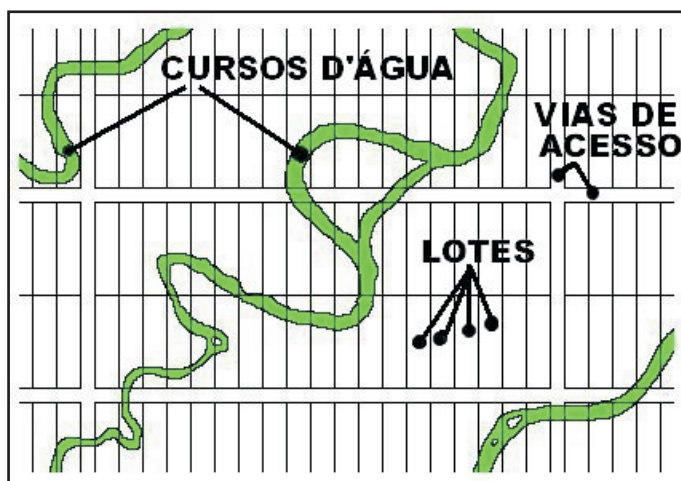


Figura-1.15. Retângulos dos assentamentos.
Fonte: Paz & Torres (1993).

Em tais assentamentos, o planejamento passou a ser conhecido como o “retângulo ou quadrado burro”. Em algumas terras não havia água enquanto outras ficavam permanentemente inundadas, e todas quase sempre estavam localizadas em solos de baixa fertilidade. Os novos colonos foram orientados para desmatar e praticar a agricultura e a pecuária, o que resultou na conseqüente degradação irreversível do ambiente original. Num estudo sobre o “Projeto de Colonização Marechal Dutra” realizado próximo a cidade de Ariquemes em Rondônia, em que foram empregadas imagens de satélite, foi demonstrado que o maior índice de sucesso dos empreendimentos tinha ocorrido nos lotes distantes até um quilômetro dos cursos d’água (Paz & Torres, 1993).

Na época dos “Projetos de Assentamento”, a ótica ambiental foi ignorada pelo planejamento, pois as preocupações básicas do momento eram: *a)* integrar a Região ao resto do país para atender questões de soberania e de segurança nacionais; *b)* levantar as potencialidades de um território que se estimava imensamente rico; e *c)* ocupar as populações desempregadas pela mecanização da lavoura em outras partes do País. Como não foram realizados estudos prévios sobre o impacto desta ocupação nos ecossistemas locais, os danos ecológicos que ocorreram, e continuam acontecendo, são de grande envergadura. Nessas áreas, somente a saúde e a educação passaram a apresentar um desempenho um pouco melhor do que onde permaneceram as práticas extrativistas.

A falta de planejamento adequado tornou improdutivo a maioria das terras distribuídas nos “Projetos de Assentamento”, e muitos dos colonos ou continuaram na miséria, ou retornaram às suas regiões de origem. As pequenas propriedades de 50 até 120 hectares foram sendo vendidas para a classe

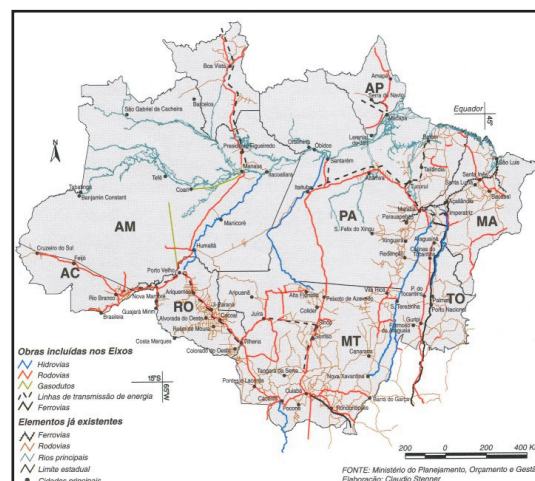


Figura-1.16. Mapa rodoviário.
Fonte: Becker (2001).

média local a preços baixíssimos e passaram a formar fazendas de gado com mais de 500 há, onde a prática do desmatamento continuou a garantir a posse da terra e a ocupação de novas áreas com solo ainda virgem e produtivo. No âmbito da exploração dos recursos minerais e energéticos, verificou-se uma acentuada descaracterização ambiental, geralmente, sem nenhum benefício para as populações locais. Os que persistiram em permanecer, apesar das grandes distâncias e do solo ser inadequado para a agricultura, continuaram a praticar um desmatamento médio familiar de dois ou mais hectares por ano para garantir a sobrevivência.

Um exemplo deste mau desempenho pode ser constatado ao serem comparados os modelos sócio-econômicos-ambientais de Riberalta, na Bolívia, contra Guajará Mirim, em Rondônia (Di Lascio, 1996b). Naquela cidade boliviana, 60% da renda local sempre foi obtida a partir do processamento e da comercialização da castanha do Brasil. Em conseqüência, a floresta foi ocupada, porém permaneceu conservada. Muito próximo, no lado brasileiro, em Guajará Mirim a 90 km de Riberalta, o desenvolvimento tomou por base o garimpo do ouro, a exploração da madeira, a agricultura, a pecuária e a comercialização de bens de consumo. Como resultado, ali ocorreram grandes desmatamentos, e o meio ambiente resultou significativamente alterado.

EXCLUSÃO SOCIAL

Estudos, como o da Fundação Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 1999), indicaram a possibilidade de se erradicar no curto prazo, toda a pobreza existente no território nacional somente com a capacidade e os recursos existentes.

No entanto, essa opinião parece não ser facilmente aplicável quando se observam trabalhos como da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal), sobre o Panorama Social da América Latina. Nele se afirma que os atuais 200 milhões de pobres da América Latina têm escassas perspectivas de sair da miséria no curto prazo (Cepal, 1999). A saída desse impasse, no caso da Amazônia, também não parece fácil de ser resolvido, apesar da abundância de recursos naturais e da escassa população envolvida. É necessário lembrar que o fator tempo é fundamental para mensurar valores na economia de mercado. Igualmente importante é o custo da produção, que na Amazônia fica excessivamente onerado pelas despesas elevadas com o transporte das mercadorias. Portanto, o desafio é grande, e agravado pela falta de técnicas adequadas para conduzir ao sucesso esta empreitada.

A identificação de caminhos capazes de conduzir a Amazônia ao desenvolvimento sustentável reside na compreensão do relacionamento da civilização ocidental com a Amazônia, que também inclui a análise da situação social, cuja pobreza e exclusão social são inadequadas para uma região rica em recursos naturais. Assim, a pobreza é, ainda, a privação relativa do acesso a vantagens sociais básicas. Neste sentido, o tipo de carência material que primeiro vem ao pensamento é o déficit com a saúde. Em seguida, advêm outras insuficiências como educação, emprego, moradia, acesso às decisões políticas, etc. Por outro lado, quem sempre leva vantagem são as pessoas que têm ligações com o poder político, ou que dispõem de recursos financeiros.

Por causa da falta de consciência política, essas populações de excluídos esperam sempre os benefícios dos poderes públicos ou das instituições privadas, e não caminham no sentido da construção de sua própria história. São populações vulneráveis às falsas promessas dos políticos e das grandes empresas, que, mais cedo ou mais tarde, se transformam nos donos dos seus destinos. Desse modo, a riqueza da biodiversidade da Amazônia vem sendo dilapidada para promover a integração da região com a economia de mercado, por meio de um estilo de desenvolvimento predatório. Uma população economicamente fragilizada, que favorece a destruição do ambiente natural devido à busca rápida de renda para a sobrevivência, e, muitas vezes, inviabiliza os esforços que estão sendo realizados no sentido de preservar os ecossistemas nativos.

UNIVERSALIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NA AMAZÔNIA

A partir de 2003, o tema da universalização da energia elétrica vem recebendo um impulso importante do Governo Federal através do “Programa Luz para Todos”, que pretende universalizar com energia elétrica quinze milhões de brasileiros até 2010. Objetivo que inclui a região amazônica, embora ali as dificuldades a serem enfrentadas sejam bem maiores.

Ao todo, em 2000, o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicou a existência na Amazônia Legal Brasileira de 769.270 moradias rurais sem energia elétrica. A Tabela-1.1 mostra a distribuição dessas moradias em cada estado da Região.

TABELA-1.1. ESTIMATIVA DO NÚMERO DE MORADIAS RURAIS SEM ENERGIA ELÉTRICA NA AML-BRASILEIRA.

Estados	Domicílios Rurais [n° de moradias]	População Atendida [%]	Ligações a Realizar [n° de moradias]
Acre	38.875	30,47	27.030
Rondônia	118.360	58,66	48.930
Amazonas	118.853	33,53	79.002
Roraima	15.593	40,34	9.303
Pará	400.059	35,19	259.278
Amapá	9.714	61,66	3.724
Tocantins	69.358	26,75	50.805
Mato Grosso	125.367	55,58	55.688
Maranhão	480.437	50,98	235.510
Total AML-Br	1.376.616	-	769.270

Fonte: Censo 2000 do IBGE.

Cabe ressaltar que a Tabela-1.1 foi construída com base em dados colhidos em 2000, e, portanto, deixa de contemplar o crescimento vegetativo depois daquela data, assim como as ações posteriores. Portanto, ela não reflete o programa “Luz no Campo”, lançado no início de 2000, que beneficiou menos de 50.000 consumidores, sendo a maior parte deles nos estados do Pará e Tocantins (Eletrobrás, 2001a; Ministério do Planejamento, 2002). Pela mesma razão, a citada tabela também não considera o “Programa Luz para Todos”, iniciado em 2004.

Com relação aos benefícios do “Programa Luz para Todos”, alguns comentários merecem destaque. Até agosto de 2008 foram eletrificados na Região Norte 470.230 domicílios, a grande maioria por extensão de rede, inclusive dos sistemas isolados do Acre, Rondônia e Amazonas. Contudo, a redução do número de moradias ainda por universalizar com energia elétrica não ocorreu na mesma proporção. No Pará, foram identificadas mais 90 mil domicílios sem energia elétrica, e no Estado do Amazonas mais 60 mil novas ligações a serem realizadas, todos em áreas isoladas. Esses valores revelam que a população rural a ser atendida pelo Programa será bem superior àquela originalmente prevista.

Para obter uma definição preliminar sobre as modalidades de suprimento energético adequadas para o atendimento dos consumidores rurais indicados pelo Censo 2000, foram acrescentadas as informações obtidas pelo “Projeto Equinócio” da Universidade de Brasília durante mais de 15 anos de levantamentos efetuados na Amazônia rural brasileira. Cabe destacar que esses levantamentos, e os estudos baseados neles, foram realizados com financiamento e/ou participação de diversos órgãos conforme citados no início deste capítulo.

Uma análise mais acurada dessa população rural a ser atendida indica basicamente dois modelos de ocupação territorial, apresentados na Figura-1.17. Um deles, no qual prevalece a floresta e as chuvas continuadas, é formado por vilarejos distantes ou moradias isoladas, e o outro é típico do Arco do Desmatamento, local em que predominam os “Projetos de Colonização”. Nos dois casos, a sede do município é o aglomerado urbano mais importante para essas comunidades, pois ali estão situados os serviços de saúde, assim como o escritório administrativo de alguma outra eventual infra-estrutura disponível, como, por exemplo, a energia elétrica.



Figura-1.17. Distribuição territorial esquemática das populações da Amazônia.

Fonte: Di Lascio (1999).

Nos “Projetos de Assentamentos”, cujas áreas já foram muito desmatadas, é comum a existência de ligação rodoviária com algum centro urbano. Neste caso, na época das chuvas as estradas, ou ramais, ficam intransitáveis e o tempo de viagem aumenta, porém dificilmente é consumido mais de um ou dois dias para efetuar o deslocamento até a sede do município. Em função da existência de ligação rodoviária, estas áreas apresentam facilidade para extensão de linhas de distribuição até os novos consumidores rurais. Além disso, a maioria está situada no Sul e Su-

deste da Amazônia, onde, geralmente, já existe nas proximidades alguma rede de distribuição energizada pelo Sistema Interligado Nacional (SIN). Deve-se, contudo, fazer ressalvas em relação a esta assertiva, pois a possibilidade física de extensão da rede tem de ser cotejada com as barreiras ambientais e, sobretudo, com o custo econômico em face de uma alternativa mais barata. Um bom exemplo disso é a eletrificação patrocinada pela Regional Santarém, do Instituto Nacional de Reforma Agrária (Incra), que optou por realizar a eletrificação de assentamentos com geração

descentralizada e minirredes com aproveitamentos hidrelétricos de igarapés a um custo muito inferior à extensão da rede convencional. Essa região é coberta pelo SIN, além de ser amplamente dotada de ramais (Barreto, Almeida & Parente, 2005).

Na Planície Amazônica, o solo é periodicamente coberto pelas águas durante alguns meses do ano, fato que praticamente impede a extensão de linhas de transmissão e de distribuição. Ali, a energia elétrica somente está presente nas sedes dos municípios e nas cidades maiores, a partir de geração distribuída, a qual recebe subsídio da Conta de Consumo de Combustíveis dos Sistemas Isolados (CCC-Isol) para viabilizar a equalização tarifária com o restante do País. Próximo a esses aglomerados urbanos existem consumidores, que apesar de alguma dificuldade é vantajoso efetuar o atendimento por extensão de linha convencional de distribuição.

Para os pequenos conjuntos urbanos mais distantes e as moradias isoladas, a geração distribuída representa a opção mais adequada, ou com o apoio de minirredes de distribuição, ou por sistemas individuais isolados. A implantação de minirredes representa a existência de algum tipo de gerador com capacidade de ofertar energia de qualidade e em quantidade suficiente para alimentar processos produtivos. Isso, por sua vez, significa um grande atrativo para todos os habitantes situados nos arredores, o que fatalmente irá esgotar a capacidade do meio ambiente de disponibilizar alimentos em quantidade suficiente e com sustentabilidade. Esse efeito migratório deverá ocorrer a partir dos locais em que apenas for implantada energia solar fotovoltaica, que pelo custo sempre estará limitada ao conforto doméstico e a algum uso comunitário, como televisão ou conservação de vacinas. Em outras palavras, a eletrificação com geração descentralizada e minirrede no maior número de vilarejos deverá redu-

zir o impacto sobre o crescimento dos aglomerados urbanos, e, assim, evitar o comprometimento da sustentabilidade dos ecossistemas locais. Desse modo, a quantidade de sistemas individuais fotovoltaicos deve ser minimizada para evitar o inchaço dos povoados maiores. Assim, para atender os requisitos da conservação ambiental foi definido neste trabalho caracterizar como vilarejo um número mínimo de quatro casas reunidas num mesmo sítio, e a partir do qual se indica o atendimento dos consumidores por minirrede alimentada desde alguma geração distribuída.

Os vilarejos isolados aqui definidos e as moradias isoladas têm como característica principal a grande distância até os centros de maior porte. Em sua maioria, estão situados na Região Ocidental da Amazônia, nas várzeas do Solimões-Amazonas, que compreendem o conjunto das terras baixas das águas interiores drenadas pelo alto curso daqueles dois rios. Quando as águas dos rios baixam, o deslocamento se torna muito penoso, multiplicando várias vezes o tempo gasto, chegando, em muitos locais, a demandar mais de uma semana para alcançar a sede de município mais próxima.

Desse modo, a implantação de infraestrutura para o suprimento de eletricidade na área rural da Amazônia apresenta duas regiões com aspectos distintos. As diferenças entre essas duas regiões estão descritas na Tabela-1.2. Na área da Planície Amazônica predomina uma população ribeirinha, onde os poucos atendimentos elétricos são efetuados de forma isolada por geração distribuída, e esta deverá ser a modalidade empregada para a expansão do serviço. Na região do Arco do Desmatamento, na qual está situada a maior parte dos “Projetos de Assentamento”, as novas ligações poderão ser realizadas estendendo as atuais redes convencionais de distribuição.

TABELA-1.2. CARACTERÍSTICAS DA UNIVERSALIZAÇÃO DE MORADIAS RURAIS NA AML-BRASILEIRA.

Macro Região Amazônica	Arco do Desmatamento	Planície Amazônica
Característica Climática	Períodos de Estiagem	Alta Pluviosidade
Questão Ambiental	Queimadas Frequentes	Ausência de Queimadas
Cobertura Vegetal	Muito Alterada	Quase Toda Original
Transporte	Começo de Malha Rodoviária	Comunicação Basicamente Fluvial
Atividade Econômica	Assentamentos Agropecuários	Essencialmente Extrativista
Economia	Renda Mais Elevada	Pobreza Intensa
Densidade Populacional	Maior Densidade Populacional	Menor Densidade Populacional
Repartição dos Habitantes	Em Ramais Rodoviários	Nas Margens das Vias Fluviais
Desenvolvimento Humano	Maior IDH	Menor IDH
Atendimento Energético	Redes Convencionais	Geração Distribuída e Minirredes

Fonte: Di Lascio, Pioch & Rodrigues (2006).

Tomando por base estas características da área rural da Amazônia, e acrescentando as informações obtidas nos trabalhos realizados pelo “Projeto Equinócio”, foi possível classificar o atendimento de energia elétrica em quatro categorias de novos consumidores:

AS-Int = *Atendimento* a partir do *Sistema Interligado* de novos consumidores rurais por extensão de rede de distribuição já eletrificada. São consumidores geralmente localizados distantes das redes existentes e situados no “Arco do Desmatamento”, na maioria das vezes em assentamentos agropecuários, em que o desmatamento e os ramais rodoviários possibilitam a extensão de linhas de distribuição, provenientes de sistemas conectados ao SIN.

AS-Isol = *Atendimento* a partir dos 317 *Sistemas Isolados* já eletrificados por geração distribuída e a cargo de alguma Concessionária. São consumidores rurais que também podem ser atendidos por extensão de redes de distribuição, mas nesse caso, são supridos por geração quase

sempre a diesel, localizada em sedes de municípios e subsidiada pela CCC-Isol.

ANGD-MR = *Atendimento* com *Nova Geração Distribuída e Minirrede* de novos consumidores rurais situados em pequenos vilarejos isolados, sem viabilidade de interligação com as redes existentes. Nesse caso, cada vilarejo, com um mínimo de quatro residências próximas, deverá ter a sua própria geração, assim como sua própria minirrede de distribuição.

ANGD-FV = *Atendimento* com *Nova Geração Distribuída de Fonte Solar Fotovoltaica* de novos consumidores rurais situados em moradias isoladas, também sem possibilidade de interligação com as redes existentes. Nessa situação, cada moradia deverá receber um sistema individual fotovoltaico.

Estas quatro categorias de novos consumidores rurais da Amazônia encontram-se quantificadas por estado na Tabela-1.3. Nela verifica-se que Acre, Amazonas, Amapá e Rondônia não estão interligados ao sistema nacional. Por outro lado, Tocantins não possui sistema isolado subsidiado pela CCC-Isol.

TABELA-1.3. CLASSIFICAÇÃO DOS NOVOS ATENDIMENTOS RURAIS NA AML-BR.

Estados	Lig. a Realizar [nº moradias]	AS-Int [nº moradias]	AS-Isol [nº moradias]	ANGD-MR [nº moradias]	ANGD-FV [nº moradias]
Acre	27.030	0	13.515	5.406	8.109
Rondônia	48.930	0	34.251	9.786	4.893
Amazonas	79.002	0	31.601	31.601	15.800
Roraima	9.303	0	6.512	1.860	931
Pará	259.278	155.567	51.856	38.892	12.963
Amapá	3.724	0	2.607	745	372
Tocantins	50.805	40.644	0	7.621	2.540
Mato Grosso	55.688	27.844	16.706	8.353	2.785
Maranhão	235.510	230.800	2.355	2.355	0
Total	769.270	454.855	159.403	106.619	48.393

Fonte: Di Lascio, Pioch & Rodrigues (2006).

A observação da Tabela-1.3 possibilita ressaltar a existência de 106.619 moradias na classificação **ANGD-MR** para toda a Amazônia, que reunidas em conjuntos de quatro ou mais residências, e ao ser assumida uma média de 20 casas por vilarejo, resulta na demanda de 5.330

novos sistemas dotados de minirrede e geração distribuída de energia elétrica. Por outro lado, as moradias isoladas, classificadas como **ANGD-FV**, somam 48.393 novos atendimentos para serem concretizados por sistemas fotovoltaicos residenciais individuais.

CUSTOS ELEVADOS NA UNIVERSALIZAÇÃO TRADICIONAL

Este capítulo efetua o cálculo estimado e a análise dos custos da universalização do atendimento elétrico requerido pelo PLpT para as 769.270 moradias rurais da Amazônia sem energia elétrica identificadas no Censo de 2000. Para tal, foram adotados os quatro contextos espaciais de ocupação indicados no capítulo precedente.

Em todos os casos, as sistemáticas adotadas obedeceram aos ditames da legislação vigente e empregaram as tecnologias usuais. Para os atendimentos mais acessíveis, foi considerada a extensão de redes de distribuição. Nos locais remotos de acesso difícil ou foi adotada a geração diesel distribuída e minirredes, ou sistemas fotovoltaicos individuais. Os cálculos econômicos incluíram os investimentos com a implantação dos equipamentos e as despesas com a operação e a manutenção desses novos sistemas.

O impacto ambiental negativo do uso do óleo diesel foi inevitável, pois se trata de um combustível fóssil que contribui para o efeito estufa. Contudo, se seu uso for bem planejado, a poluição do solo e das águas pode ser minimizada. Além disso, a eletrificação aumenta o conforto e a renda, melhora as condições de saúde e o bem-estar das pessoas, e influi de modo positivo para a sobrevivência humana. A eletrificação com diesel também contribui na direção da sustentabilidade do desenvolvimento, pois estabelece as bases econômicas para a implantação da biomassa renovável como fonte primária de energia.

A construção da estimativa aqui formulada e sua análise foram pautadas por levantamentos e estudos realizados pelo “Projeto Equinócio” da UnB e pelo Ministério de Minas e Energia com financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento, por meio do Fundo Multilateral de Investimen-

to pelo convênio ATN/MT-6697-BR BID/MME (Barreto, 2004b; Barreto & Parente, 2006; Dias, 2005a,b; Di Lascio, 1996a,b, 1999, 2001b, 2004b,c, 2005a; Di Lascio, Pioch & Rodrigues, 2006; Rodrigues, 2004a,b; entre outros).

De alta relevância para este estudo foi o extenso e detalhado trabalho de planejamento da eletrificação da Regional do Juruá do Estado do Acre, realizado pelo “Programa Luz para Todos” do MME, em 2003 e 2004 (Dias, 2005a,b, Di Lascio, 2005a). Ali foram encontradas 1.983 moradias situadas em 180 vilarejos isolados, e distribuídas em conjuntos maiores que quatro casas, e apropriados para receber geração distribuída em minirredes. O mesmo trabalho também encontrou 3.271 habitações totalmente isoladas e aptas para serem eletrificadas por sistemas fotovoltaicos individuais. Este planejamento, que aplicou metodologia adequada para avaliar dezenas de comunidades de múltiplos tamanhos, com diversas formas de organização e variados graus de isolamento, é, sem dúvida, o estudo mais extenso e detalhado sobre tal temática já realizado na Amazônia, e pode ser considerado representativo para as áreas com predominância de floresta. Por essa razão ele foi aqui adotado como referência para as considerações e os cálculos em toda a Amazônia rural, sempre que não foram encontrados outros estudos semelhantes.

Cabe ressaltar que o número mínimo de residências, a partir do qual um aglomerado de casas com baixa dispersão, deve ser classificado como vilarejo foi aumentado de 4 para 14 pelo Governo Acre (Sepulveda-AC, 2005). Com base nessa nova disposição, o Acre estendeu a proposta de universalização para todo o estado, no qual identificou 120 sistemas de geração distribuída e minirredes, propondo eletri-

ficar um total de 2.191 domicílios, porém deixando sem resposta a preocupação com a migração para esses locais de populações situadas nas suas vizinhanças, e os respectivos riscos ambientais inerentes.

Considerando todas as ressalvas anteriores, os sistemas **AS-Int** (*Atendimento a partir do Sistema Interligado* de novos consumidores rurais por extensão de rede de distribuição já eletrificada) e **AS-Isol** (*Atendimento a partir dos 317 Sistemas Isolados* já eletrificados por geração distribuída e a cargo de alguma Concessionária) que são mais conhecidos pelas concessionárias, receberam uma abordagem simplificada. Nesse caso, a metodologia seguiu o planejamento tradicional da expansão do sistema elétrico.

Por outro lado, os sistemas **ANGD-MR** (*Atendimento com Nova Geração Distribuída e Minirrede* de novos consumidores rurais situados em pequenos vilarejos isolados, sem viabilidade de interligação com redes elétricas existentes) e **ANGD-FV** (*Atendimento com Nova Geração Distribuída de Fonte Solar Fotovoltaica* de novos consumidores rurais situados moradias totalmente isoladas) foram aqui detalhados por representarem o objetivo principal deste estudo. Como se tratam de sistemas isolados, adotou-se a metodologia estabelecida pelo “Projeto Equinócio” da UnB para o planejamento da eletrificação com minirrede ou equipamento fotovoltaico individual.

Por último, uma análise econômica expedita indicou a necessidade generalizada de um investimento significativo para a efetivação da energia elétrica na área rural da Amazônia. Do mesmo modo, o balanço financeiro da operação e da manutenção dos novos sistemas mostrou um custo muito elevado, principalmente no que se refere aos tipos **ANGD-MR** e **ANGD-FV**, que indica a falta de sustentabilidade da universalização do atendimento elétrico ao ser concebido de modo tradicional.

CUSTO DA EXTENSÃO DE REDE TRADICIONAL DE DISTRIBUIÇÃO

Os “Projetos de Assentamento” da Amazônia foram implantados em áreas com um período definido de estiagem, que tanto facilitou abertura de vias de comunicação rodoviárias, como o desmatamento, e resultou no atual Arco do Desmatamento. Nessa região, onde grande parte da floresta já desapareceu, surgiram vilas e cidades, que, na sua maioria, foram eletrificadas a partir do Sistema Interligado Nacional. Desse modo, para as 454.855 moradias

sem energia elétrica dessas áreas, que representam 59,1% do universo da Amazônia rural, a existência de comunicação terrestre tornou viável a extensão de linhas de distribuição, cuja expansão do serviço está aqui classificada como do tipo **AS-Int**.

Contudo, a assertiva acima precisa ser relativizada em razão da complexidade e da grande dimensão territorial da Amazônia. No estado do Pará, no qual está inserido parte do Arco do Desmatamento, foram realizadas mais de 95 mil ligações por extensão de rede, desde 2004 até meados de 2007, numa média de 27 mil ligações anuais, sendo que a meta de ligações da concessionária estadual prevista no termo de compromisso é de 236.050. Portanto, ainda faltam realizar 140.711 ligações em menos de três anos e meio de Programa. Essa meta pressupõe ligações por rede convencional, contudo, os custos de expansão da rede crescem vigorosamente a cada contrato. No primeiro, o custo de ligação estava em torno de R\$ 4 mil, e no terceiro em cerca de R\$ 8 mil. Por outro lado, o Incra, num levantamento parcial na Regional Santarém, catalogou 20.718 famílias assentadas sem energia elétrica, que dificilmente serão atendidas por rede convencional, seja pelo elevado custo, seja por impossibilidade ambiental. Em consequência, deverão ser consideradas alternativas tecnológicas menos onerosas, pois as concessionárias dificilmente deixarão de levar em conta o princípio da economicidade prevista na lei e no contrato de concessão, além da forte pressão sobre os consumidores provocada pela elevação tarifária para compensar as condições adversas.

Na Amazônia Ocidental, a natureza está bastante preservada e as áreas desmatadas estão restritas ao entorno dos aglomerados urbanos. Ali, os 317 aglomerados de maior porte, que geralmente representam sedes de municípios, possuem fornecimento regular de eletricidade e são beneficiados pela CCC-Isol. Nas vizinhanças desses centros, a existência de áreas desmatadas e a presença de vias de comunicação terrestre facilitam a extensão de redes de distribuição. Em consequência, as 159.403 moradias sem acesso à eletricidade, porém situadas no entorno desses centros urbanos, as quais somam 20,7% do total amazônico, estão aqui definidas como adequadas para o atendimento energético do tipo **AS-Isol**.

De modo geral, a tecnologia para a expansão dos tipos **AS-Int** e **AS-Isol** sofre alguma variação conforme a região, e os seus custos aumentam numa razão direta com o grau de dificuldade para realizar a obra, principalmente no aspecto relativo ao acesso. A distância entre as capitais dos estados e os sítios das

novas instalações representa outro fator diretamente proporcional de acréscimo do investimento.

As estruturas de sustentação dos **AS-Int** e **AS-Isol**, na maioria das vezes, estão especificadas como sendo constituídas por postes de concreto, mas, em alguns locais, elas podem ser de madeira como forma de baratear o empreendimento. Para os condutores, em geral, empregam-se cabos de alumínio descobertos, porém onde existe muita vegetação está sendo cada vez mais adotada a configuração de linha compacta com cabos cobertos, para reduzir o número de desligamentos devido à queda de galhos das árvores.

Com o “Programa Luz para Todos” do MME, a eletrificação rural dos tipos **AS-Int** e **AS-Isol** tem avançado bastante na Amazônia, com 470.230 novas ligações realizadas até o mês de agosto de 2008. De acordo com o PLpT, o maior custo registrado foi de R\$ 7.519,00 por moradia atendida em Colares e Bujarú, no Estado do Pará. Como em primeiro lugar estão sendo efetuadas as ligações mais próximas das redes existentes, é de se esperar que a ampliação do serviço, até as moradias situadas mais distantes, venha a acarretar no aumento do custo médio. Por esse motivo neste estudo estima-se o valor médio para cada novo empreendimento em pelo menos R\$ 8.000,00 por ligação.

METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO PARA ANG-D-MR E FV

O planejamento do atendimento elétrico das comunidades isoladas da Amazônia com minirredes e sistemas fotovoltaicos individuais requer uma sistemática mais consistente, e, ao mesmo tempo, mais ágil do que a tradicionalmente adotada para a extensão de redes de distribuição, por causa da localização esparsa dos seus vilarejos. Somente a contagem do número de moradias de um vilarejo como elemento básico para a definição do projeto é insuficiente devido a grande variação da distância entre os futuros consumidores.

A definição de um padrão médio de comunidade é complexa, pois as distâncias entre as construções são muito irregulares. Às vezes aparece uma mata ou um rio entre as casas, e ora as moradias estão alinhadas, ora estão em círculo. A distribuição espacial é importante porque alerta para os problemas locais, como queda de barreiras, alagados e outros obstáculos, que dificultam a extensão das pequenas redes de energia elétrica. Entretanto, a realização de levantamentos topográficos tradicionais onera excessivamente o projeto, sendo apenas necessária onde os desníveis forem significativos.

sivamente o projeto, sendo apenas necessária onde os desníveis forem significativos.

É fundamental saber quais são as atividades praticadas pelos moradores, porque não somente define a carga a ser atendida, como estabelece ainda o potencial de crescimento daquela, que varia em função da existência de atividades de beneficiamento da produção (casa de farinha, peladora de arroz, serraria, carpintaria, etc) e de equipamentos públicos (escola, igreja, poço artesiano, etc), dentre outros. O nível de escolaridade é outro fator determinante do aproveitamento da nova disponibilidade energética, e ajuda a definir o crescimento. Todavia, a realização de estudos socioeconômicos exaustivos são muito dispendiosos devido às dificuldades de acesso, podendo ser superiores ao investimento a ser especificado.

Com o objetivo de atender todas essas premissas anteriormente citadas, o “Projeto Equinócio” da UnB definiu uma metodologia para o Planejamento Energético para a eletrificação de comunidades isoladas da Amazônia baseada no uso de imagens de satélite processadas em AutoCad, apoiadas por levantamentos expeditos de campo, e integradas por um Sistema de Informações Geográficas (SIG), apoiados por outras ferramentas modernas (Di Lascio, Pioch & Rodrigues, 2006).

Os principais itens dessa metodologia de Planejamento Energético, em ordem sequencial de realização, são os seguintes:

- Criar um Banco de Dados utilizando ferramenta SIG georreferenciada, com o apoio de imagens de satélite, para analisar o zoneamento ecológico e econômico, assim como as demais informações existentes;
- Efetuar sobrevôos georreferenciados a baixa altura para fotografia e filmagem;
- Realizar incursões fluviais georreferenciadas para fotografia, filmagem, e, ao mesmo tempo, efetuar entrevistas socioeconômicas;
- Consolidar o Banco de Dados Georreferenciado inserido no SIG;
- Localizar as comunidades isoladas, identificar os arranjos espaciais, e produzir o diagnóstico sócio-econômico-ambiental da área em estudo;
- Com o apoio do AutoCad, elaborar os projetos detalhados, que devem incluir o Plano de Obras e a especificação dos equipamentos;
- Conceber o Plano de Operação e o Plano de Manutenção (O&M).

Esta metodologia foi adotada para o planejamento da eletrificação da Regional do Juruá, conforme exemplificada mais adiante, e pode ser estendida a toda a região amazônica. Ressalta-se que seu custo é, pelo menos, três vezes inferior ao valor demandado pelos diagnósticos e estudos tradicionais.

INVESTIMENTOS PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E MINIRREDE

Vários fatores definem o investimento dos sistemas de geração distribuída e minirrede tipo **ANGD-MR**. Os mais significativos são: o número mínimo de casas para adotar tal sistema, o arran-



Figura-2.1. Comunidade de São Bento e as “prainhas” onde se cultiva de feijão.

Fonte: Dias (2005a).

Na pequena São Bento, da Figura-2.1, com cinco casas, o cultivo é feito de maneira sustentável nos aluviões do rio, que evita o desmatamento de novas áreas a cada ano, pois aproveita a fertilidade do solo, cuja matéria orgânica e inorgânica é periodicamente reposta no período das cheias. A caça, a pesca, o extrativismo e a agricultura são atividades fundamentais para seus moradores que, em um pequeno espaço físico, conseguem obter todos os recursos necessários à sobrevivência e evitam abrir grandes clareiras na floresta. Esse tipo de comunidade quase não aparece nas imagens de satélite, e, igualmente, é pouco visível a partir de sobrevôos, mesmo quando efetuados a baixa altura. São locais aonde predominam o equilíbrio entre a ocupação humana e o ambiente natural, e efetuam um papel importante na conservação da floresta porque os limites da natureza são respeitados.

De modo oposto, em Vitória, vilarejo de maior porte, com trinta e seis casas, a natureza se encontra bastante alterada, conforme apresenta a

jo tecnológico empregado, a dificuldade do acesso e as condições locais (solo, relevo, apoio de infraestrutura, etc).

A validade da escolha do número mínimo de quatro casas para ser caracterizada como vilarejo é justificada a partir da análise geográfica da Regional do Juruá. Naquela área, na maioria dos pequenos vilarejos, os habitantes cultivam feijão nas “prainhas” ao longo do rio, e a natureza está bastante conservada, tal como em São Bento, no rio Juruá, conforme apresentado na Figura-2.1. Nos vilarejos maiores, como em Vitória, situada no mesmo rio Juruá e mostrada na Figura-2.2, a demanda por alimentos tem mais intensidade, e a agricultura já provocou o desmatamento de uma extensa área de floresta.



Figura-2.2. Comunidade de Vitória e as áreas desmatadas para a prática da agricultura.

Fonte: Di Lascio, Pioch & Rodrigues (2006).

Figura-2.2, por causa da maior demanda de alimentos pelos moradores, que provoca uma intensa competição em busca de recursos naturais. Ali, a cada ano, por causa do esgotamento dos solos, novas áreas são desmatadas para a prática da agricultura, o que comprova a falta de sustentabilidade dessas comunidades maiores. Note-se que isso acontece mesmo com a presença do meandro abandonado, que aparece no fundo a direita da foto, e fornece uma quantidade substancial de peixes para a alimentação desta população.

A análise de evidências como aquelas acima encontradas na Regional do Juruá, e de estudos sobre o mesmo tema em outras áreas, possibilitou estender para toda a Amazônia não desmatada a definição do número mínimo de quatro casas como suficiente e adequado para receber energia de qualidade a partir de geração distribuída e minirredes (Di Lascio, 2005a). Desse modo, na categoria de **ANGD-MR** foram classificadas 13,9% do total das moradias rurais da Amazônia, ou 106.619 habitações. Assim sendo, ao se

assumir uma média de 20 casas por vilarejo, verifica-se que terão de ser implantados 5.330 novos sistemas descentralizados com minirredes para efetuar este tipo de atendimento. No entanto, como esses pequenos sistemas servidos por concessionárias são quase inexistentes, também a experiência com eles é praticamente nula. Sabe-se, porém, que tais sistemas terão dificuldades de implantação pela falta de apoio local, e por estarem geralmente situados distantes das sedes dos municípios, ao longo de rios sinuosos, de navegabilidade precária e com regime fluvial intermitente.

Do mesmo modo, durante o planejamento da eletrificação da Regional do Juruá, definiu-se que os sistemas **ANGD-MR** teriam de suprir as moradias, uma escola, um bombeamento de água de poço artesiano e uma pequena atividade produtiva, conforme a Tabela-2.1, que devem somar uma capacidade inicial para sete ligações. Além disso, foi especificado que cada sistema a ser implantado teria de suportar um incremento da demanda de 40% durante os primeiros cinco anos, além de outras características (Di Lascio, 2005a).

TABELA-2.1. CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E MINIRREDE.

Tópico	Especificação
Abrangência do atendimento	Moradias, escola, bombeamento de poço artesiano, e beneficiamento da produção.
Aumento demanda	40% em cinco anos.
Características da Geração	Estrutura física capaz de operar de forma contínua com funcionamento automático, unidade de reserva, utilização de container marítimo como cabine destinada a evitar vazamentos para o ambiente e reduzir o ruído, geradores carenados também com a finalidade de reduzir o ruído, estocagem de combustível com capacidade para um ano nos locais de acesso intermitente, padronização da geração em 10, 20, 30, e 60 kVA.
Minirrede de baixa-tensão	Cabo isolado tipo Multiplex, postes de concreto ou de madeira, aquariquara ou preciosa, de 9 metros, espaçamento padrão de 40 a 50 metros, nível de tensão em 380/220 volts, padrão de entrada de energia com medição para todos os consumidores, e instalação residencial interna conforme o PLpT.
Minirrede de alta-tensão	Cabo coberto, poste de concreto de 11 metros, espaçamento padrão de 80 a 100 metros com transformadores de elevação e abaixamento em poste. Obs: onde houver AT e BT vão máximo de 50m

Fonte: Di Lascio (2005a).

As características listadas na Tabela-2.1 encontram-se detalhadas a seguir conforme os subitens: geração descentralizada alimentada por diesel, minirrede de baixa-tensão, minirrede de alta-tensão, exemplo de planejamento e comentários sobre o custo desses sistemas.

Implantação de Geração Distribuída Alimentada a Óleo Diesel

Para acompanhar os critérios de qualidade e confiabilidade exigidos pela legislação, foram especificados sistemas de geração robustos e redundantes, conforme descreve a Tabela-2.1. Entretanto, como os vilarejos são pequenos, não pareceu viável a existência do posto de operador, porque este, ao residir no vilarejo da usina de geração e receber um salário fixo, certamente bastante superior à renda local, iria desequilibrar a economia e desestimular as tarefas tradicionais dos ribeirinhos. Como pensar em introduzir quatro operadores ganhando cada um mais de

R\$ 500,00 por mês no meio de famílias cuja renda mensal raramente ultrapassa a metade deste valor? A este pensamento também foi acrescentada a avaliação do custo global excessivo de todo esse pessoal para o apoio de unidades geradoras tão pequenas. Desse modo, definiu-se que todos os sistemas teriam a capacidade de funcionar em modo contínuo e automático, inclusive com gerador de reserva para minimizar as interrupções.

Quanto às considerações ambientais, foram avaliados os aspectos referentes a mudança do caminho percorrido pelos rios e aos vazamentos e ruídos dos equipamentos. Definiu-se então a utilização de container marítimo como cabine de geração por causa da mobilidade e da capacidade de contenção de líquidos, sendo adequado para impedir eventuais vazamentos do refrigerante para o ambiente, assim como do óleo combustível e do óleo lubrificante. Com a existência do container, uma parte do problema do ruído foi resolvida, e simplificou a especificação do isolamento acústico, passando a ser suficiente

apenas carenar o gerador, evitando a necessidade dele ser do tipo silenciado, o que significaria um acréscimo excessivo do custo.

A análise da localização da usina geradora levou em conta a alteração do curso dos rios da Planície Amazônica, que tem por origem a dinâmica da geomorfológica fluvial e causa erosão e deposição do solo nas margens, levando a formação de um meandro e sua posterior ruptura no mesmo trecho. Essa situação é mostrada na Figura-2.3, na qual estão visíveis dois locais que em pouco tempo ocorrerá esse tipo de ruptura e a alteração do curso do rio.



Figura-2.3. Locais de ruptura de colos de meandro no Rio Jurua.

Fonte: Dias (2005b).

Com o tempo, os meandros abandonados, após as rupturas indicadas na Figura-2.3, vão perdendo o contato com o rio até virarem lagos que, geralmente, são muito piscosos durante os primeiros

anos de vida. Ao mesmo tempo, a distância do rio dificulta a vida dos habitantes, os quais invariavelmente mudam de lugar para novamente se tornarem ribeirinhos, e voltam a usufruir das vantagens trazidas pela via fluvial, com destaque para a facilidade do transporte. Para acompanhar essa dinâmica, a usina geradora também é obrigada ser realocada, e a remoção é facilitada pela presença dos containeres.

Nos sítios remotos e de acesso intermitente, foi determinado que a capacidade de estocagem do combustível atendessem o suprimento de um ano. Nesse caso, além do aumento do tamanho do depósito, igualmente terá de ser providenciada a instalação de um equipamento para efetuar “in situ” a limpeza e a manutenção do óleo diesel, porque, após seis meses de estocagem, ele estará deteriorado e não mais atenderá à especificação dos fabricantes dos motores.

O dimensionamento dos grupos-geradores foi padronizado em 10, 20, 30, e 60 kVA para reduzir os custos de implantação, otimizar o consumo específico e facilitar a manutenção. Como exemplos de utilização regular de pequenas unidades desse tipo, foram escolhidas três usinas termoeletricas do Grupo Guascor (Guascor), em Rondônia, que funcionam durante as vinte e quatro horas do dia e possuem operador de plantão. Os seus consumos específicos relativos ao mês de dezembro de 2004 estão apresentados na Tabela-2.2. Na Usina Termoeletrica (UTE) Maici, onde a carga foi a menor, o consumo específico em litros de óleo diesel por quilowatt-hora gerado resultou o mais elevado.

TABELA-2.2. DADOS DE TRÊS UTES DA GUASCOR DE DEZEMBRO DE 2004.

UTE	Potência Instalada [kW]	Demanda Máx. Típica [kW]	Consumo Específico [litros/kWh]
Maici	2 x 16	6 a 7	0,5978
Conceição da Galera	3 x 19	9 a 10	0,4157
Santa Catarina	3 x 16	10 a 15	0,3966

Fonte: Guascor (2004).

A questão do consumo específico pode ser avaliada em detalhe ao se observar os dados constantes da Tabela-2.2, junto com as curvas de carga mostradas nas Figuras 2.4, 2.5 e 2.6. Verifica-se, então, que quase sempre um único gerador foi suficiente para atender a demanda, a exceção da UTE Santa Catarina, em que, em algumas ocasiões, um segundo grupo entrou em funcionamento.

A UTE Maici possui dois motores de 16 kW, mas somente um deles é necessário para suprir a demanda. Mesmo assim, durante as 24 horas do dia a potência requerida, descrita na Figura-2.4, poucas vezes ultrapassa um quarto da sua capacidade máxima. Em consequência, no mês de dezembro de 2004, ela apresentou o pior consumo específico das três usinas aqui estudadas, com 0,5978 litros de óleo diesel para cada quilowatt-hora produzido.

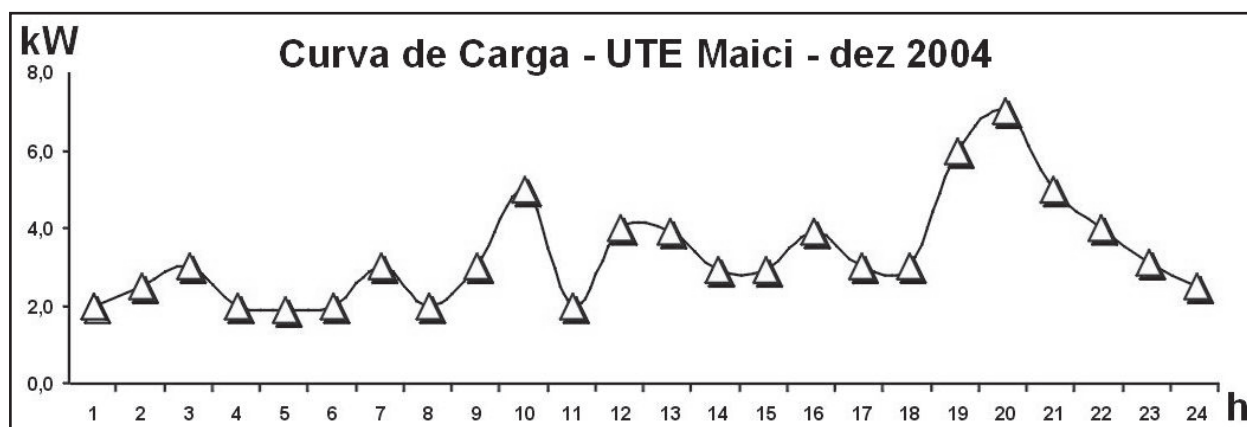


Figura-2.4. Curva de Carga da UTE Maici, em Rondônia, que atende 122 habitantes, situada no Baixo Madeira, referente ao mês de dezembro de 2004.

Fonte: Guascor (2004).

A curva de carga de dezembro de 2004 da UTE Conceição da Galera, vista na Figura-2.5, indica que somente um dos geradores de 19 kW de potência é requerido para atender a demanda.

Como a solicitação raramente supera a metade da sua capacidade, o consumo específico ainda é alto, ficando em 0,4157 litros/kWh.

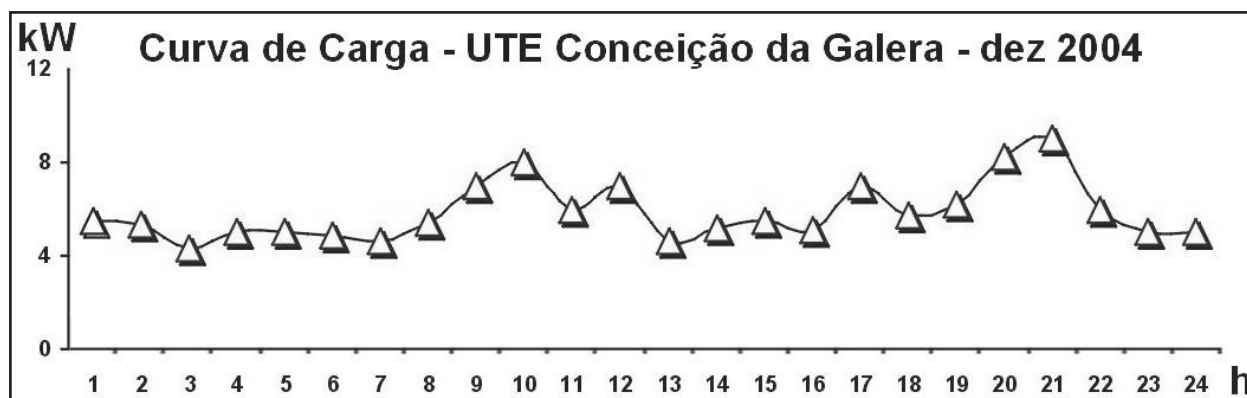


Figura-2.5. Curva de Carga da UTE Conceição da Galera, em Rondônia, que atende 134 habitantes, referente ao mês de dezembro de 2004.

Fonte: Guascor (2004).

Na UTE Santa Catarina, a curva de carga verificada em dezembro de 2004, e apresentada na Figura-2.6, mostra que taxa de utilização da capacidade do grupo-gerador de 16 kW é a mais alta dos três casos adotados. Por esse motivo, seu consumo específico é o mais baixo, de 0,3966 litros de óleo diesel para cada quilowatt-hora. Aliás, cabe notar que

este desempenho foi verificado mesmo com as eventuais entradas de uma segunda unidade. Entretanto, tal valor ainda resultou muito superior à média de 0,2955 litros/kWh, ou 34,2% a mais do que o constatado pela Eletrobrás durante o ano de 2004 para todos os grupos-geradores diesel por ela controlados na Amazônia brasileira (Gton, 2005:17).

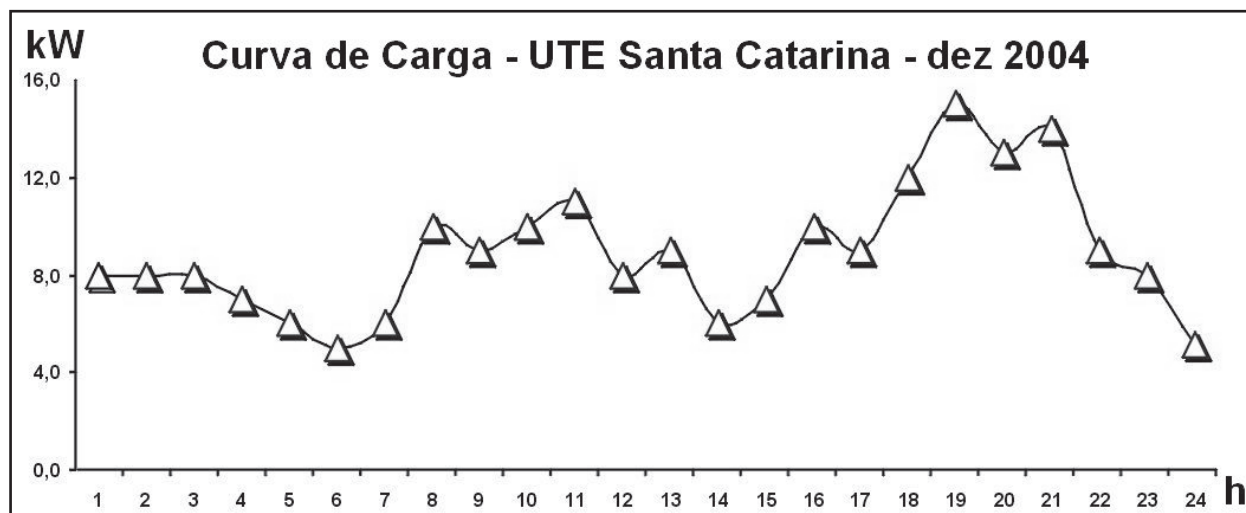


Figura-2.6. Curva de Carga da UTE Santa Catarina, em Rondônia, que atende 153 habitantes, situada no Baixo Madeira, referente ao mês de dezembro de 2004.

Fonte: Guascor (2004).

Com base nas ponderações efetuadas anteriormente, ressalta-se a necessidade da potência nominal do grupo-gerador vir a ser especificada mais próxima possível da demanda máxima, de modo a evitar consumos excessivos de óleo diesel. No caso dos pequenos vilarejos, a experiência conhecida é insipiente, e dificilmente são encontrados estudos que acompanham a evolução da demanda durante os primeiros anos após terem sido eletrificados. Mesmo assim, com base nos poucos dados disponíveis e

somados à experiência da Eletroacre, durante o planejamento da universalização da Regional do Juruá, foram especificadas as demandas máximas esperadas para os pequenos vilarejos situados em áreas com predominância de floresta. Estes valores de demanda estão relatados na Tabela-2.3, que abrange as moradias, a escola, o bombeamento de água de poço artesiano e alguma mini-indústria, totalizando 8,7 kVA de solicitação máxima para esta categoria de vilarejo de menor tamanho (Dias, 2005a:139).

TABELA-2.3. ESTIMATIVA DA DEMANDA DE PONTA DO MENOR VILAREJO (4 MORADIAS).

Tipo de Consumidor	Demanda Individual	Nº Consumidores	Demanda Conjunta
Moradia	662,86 [VA]	4	2.651,44 [VA]
Escola	1.302,29 [VA]	1	1.302,29 [VA]
Bombeamento	1.243,33 [VA]	1	1.243,33 [VA]
Beneficiamento	3.500,00 [VA]	1	3.500,00 [VA]
Demanda Total	-	-	8.697.06 [VA]

Fonte: Dias (2005a:139).

Em seguida, o cálculo da capacidade nominal do gerador foi obtido a partir do valor da demanda de ponta, indicado na Tabela-2.3, ao qual foi adicionado o crescimento de 40% em cinco anos, e levado em conta um fator de potência de 0,8. A demanda total obtida resultou, então, próxima da potência ativa padronizada de 10 kW, para a usina do vilarejo de menor dimensão. Cabe ressaltar que se trata de um arranjo muito pequeno e, portanto, essa demanda estimada tem apenas caráter indicativo. No caso de ser requerida uma potência maior para atender a atividade produtiva, esta ainda poderá ser suprida com a mesma capacidade instalada desde que os usuários evitem colocá-la em funcionamento ao mesmo tempo das outras cargas.

A localização da casa de força deve ser estabelecida preferencialmente junto ao curso d'água, de forma a facilitar o abastecimento do combustível. O uso de tambores para o transporte do combustível desde a embarcação até a usina, os quais são muito utilizados pelos moradores da região para armazenamento do diesel, foi desconsiderado em razão do solo escorregadio dos pediplanos dos barrancos e da altura desses últimos. Do mesmo modo, o abastecimento por tubulação enterrada desde a margem do rio até a usina não foi levado em conta porque a comunidade e o curso d'água podem mudar de lugar, e a cada vez exigiria uma nova construção. A escolha, então, recaiu sobre o uso de mangueira, a ser transportada pelo próprio barco que realizará o reabastecimento. Essa alternativa

é versátil, e não será comprometida pelas mudanças no fluxo da água e pela dinâmica de erosão dos barrancos. Entretanto, em vários sítios, devido ao processo acentuado de solapamento basal, pode ser necessário afastar a usina da margem do rio, aumentando o comprimento da mangueira e dificultando o processo de reabastecimento da comunidade.

Durante o planejamento da universalização da Regional do Juruá foi definido um custo médio por usina de R\$ 14.120,00, sempre considerando um gerador de reserva em cada usina isolada para garantir a continuidade do atendimento (Di Lascio, 2005a). Por causa da relevância daquele trabalho, aqui se propõe adotar o mesmo valor médio como referencial para toda a Amazônia rural.

Configuração das Minirredes de Baixa-Tensão

Embora as minirredes de baixa-tensão para esses pequenos vilarejos isolados da Amazô-

nia tenham configuração semelhante à praticada nas grandes cidades, alguns cuidados adicionais deverão ser observados. Como se trata de uma região na qual os solos sofrem um alto grau de erosão, torna-se indispensável o aumento do comprimento das estruturas de sustentação dos cabos aéreos para permitir que estes possam ser enterados a uma profundidade maior do que o padrão normalmente adotado. Por essa razão, aqui se acompanham os ditames do planejamento do Juruá que estabeleceu um mínimo de nove metros de comprimento dos postes (Di Lascio, 2005a). As demais características das minirredes de baixa-tensão estão discriminadas na Tabela-2.4 a seguir. A indicação de estruturas de concreto se justifica como forma de evitar os pedidos de permissão ao Ibama para o uso da madeira local, que mesmo sendo concedidos, poderiam induzir o desmatamento. Contudo, o custo dessa opção não deve ser menosprezado, ainda mais se a retirada de árvores para postes for acompanhada por uma obrigação de plantar mudas da mesma espécie.

TABELA-2.4. CONFIGURAÇÃO DAS MINIRREDES DE BAIXA-TENSÃO.

Componente	Especificação
Estrutura de sustentação	postes de concreto com no mín. 9 metros de comprimento
Espaçamento entre estruturas	40 metros
Cabo	cabo isolado do tipo multiplex trifásico, trançado e protegido
Tensão de entrega	380/220 volts
Entrega ao consumidor	padrão de entrada de energia com medição
Instalação do consumidor	igual ao PLpT com dois pontos de iluminação e uma tomada

Fonte: Di Lascio (2005a).

A especificação do nível de tensão em 380/220 volts acompanha a prática que já vem sendo utilizada pela Eletroacre, porque possibilita alcançar mais consumidores a partir de um mesmo ponto de entrega, e provoca uma grande redução nos custos da distribuição. Para a rede aérea, o uso do cabo do tipo multiplex trifásico, trançado e protegido por um isolamento, embora mais caro, justifica-se porque minimiza os riscos de acidentes em áreas com vegetação, e, ao mesmo tempo, dificulta o roubo de energia através do emprego de “gatos”. A colocação de um medidor em cada consumidor evita o uso excessivo de energia. Por outro lado, a instalação de uma rede interna mínima serve para estimular o consumo.

No mesmo planejamento efetuado para a Regional do Juruá, o investimento nas minirredes de baixa-tensão para os 180 vilarejos isolados indicou um custo médio de R\$ 4.600,00 por consumidor (Di Lascio, 2005a). Tal como anteriormente justificado, aqui se sugere tomar o mesmo valor como representativo para toda a Amazônia rural.

Especificações das Minirredes de Alta-Tensão

A maioria dos pequenos vilarejos isolados da Amazônia está situada a mais de quatro quilômetros de distância uns dos outros, porém, em alguns casos, este valor pode ser menor, tornando economicamente vantajoso efetuar a interligação de dois ou mais deles para reduzir o número de unidades geradoras, o que diminuiria bastante os custos de implantação, operação e manutenção desses sistemas (Di Lascio, 2005a). Em razão dessa separação ultrapassar a capacidade de transmissão da baixa-tensão, a interligação deverá ser concretizada em alta-tensão, em 13,8kV, conforme especificada na Tabela-2.5. Nesse caso, o comprimento mínimo de 11 metros para as estruturas de sustentação recebe a mesma justificativa da erosão ser acentuada, que foi anteriormente mencionada.

TABELA-2.5. CONFIGURAÇÃO DAS MINIRREDES DE ALTA-TENSÃO.

Componente	Especificação
Estrutura de sustentação	Postes de concreto com no mín. 11 metros de comprimento
Espaçamento entre estruturas	60 metros na interligação entre vilarejos
Cabo	Cabo coberto
Tensão de transmissão	13,8 kV
Elevação da tensão	Subestação transformadora no poste
Abaixamento da tensão	Transformador instalado no poste

Fonte: Di Lascio (2005a).

Como as linhas de alta-tensão descritas na Tabela-2.5 irão atravessar áreas de floresta, em que a abertura de faixas de passagem é incompatível com a realidade ambiental e a derrubada de árvores deve ser evitada, aqui se recomenda o uso de cabo coberto para minimizar a ocorrência de falhas pela queda de galhos sobre essas linhas. No mesmo sentido, está indicado o uso de concreto armado nessas estruturas, conforme já foi abordado para as redes de baixa-tensão. No entanto, este caso requer uma análise mais apurada, pois, mesmo sem a abertura de faixas de passagem, algumas árvores poderão ser derrubadas. Então, valerá a pena a re-utilização dessas árvores nas estruturas de sustentação.

Para simplificar, e baratear, o investimento com a alta-tensão, indica-se o uso de transformadores diretamente instalados em poste, tanto na saída da usina como perto dos consumidores. A elevação da tensão deverá ser preferencialmente localizada junto à usina para otimizar a proteção automática do sistema elétrico no lado da baixa-tensão.

O custo da minirrede de alta-tensão trifásica, obedecendo à especificação da Tabela-2.5, e acompanhando dados da Eletroacre, resulta em

R\$ 18.000,00 por quilômetro. No caso dos locais remotos, este valor, com certeza, será maior por causa do custo do transporte e do trabalho no interior da floresta, que poderá alcançar e mesmo ultrapassar R\$ 32.400,00 por quilômetro (Di Lascio, Pioch & Rodrigues, 2006). Como se trata de um enfoque pouco avaliado até o presente momento, aqui se evita estabelecer algum valor médio que possa ser generalizado para toda a Amazônia.

Exemplo de Planejamento de uma ANGD-MR

A título de exemplo, apresenta-se a seguir o planejamento do atendimento com energia elétrica do vilarejo de Califórnia, cuja localização na Regional do Juruá, no rio de mesmo nome, aparece na Figura-2.7. Nela também se encontra a imagem de satélite do vilarejo e suas vizinhanças, a qual possibilita definir os contornos da área ocupada e dimensionar a extensão da comunidade. A especificação dos limites dessa ocupação, sendo viabilizada pela inserção da foto na ferramenta AutoCad, sobre a qual foi construída o esquema da minirrede devidamente parametrizado.

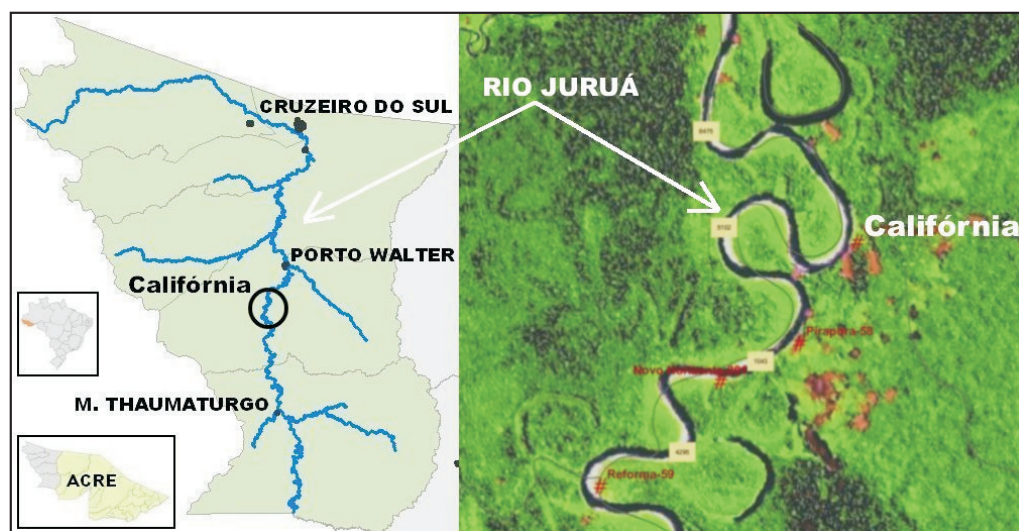


Figura-2.7. Localização do vilarejo de Califórnia e a imagem de satélite.

Fonte: Dias (2005a).

A partir da fotografia aérea de Califórnia, apresentada na Figura-2.8, foram identificadas 17 moradias, uma escola e uma caixa d'água. A foto mostrou, ainda, a existência de atividade

agrícola e a grande tendência à erosão, devido sua posição na margem externa da curva do rio. Isso indicou a necessidade de afastar a usina da beira do rio.



Figura-2.8. Vilarejo de Califórnia.

Fonte: Dias (2005a).

A montagem da fotografia aérea na ferramenta AutoCad permitiu traçar o esquema do atendimento elétrico da comunidade conforme mostra a Figura-2.9. Nela, as moradias, a escola, a caixa d'água e a usina estão retratadas com aumento de mais de cinco vezes para ficarem visíveis. A localização das construções é aproximada, mas o nível de precisão é suficiente

para possibilitar o dimensionamento da minirrede de baixa-tensão, que tem o espaçamento especificado de 40 metros entre os postes. A usina termoeletrica ficou posicionada a mais de 80 metros das moradias e a cerca de 200 metros da margem do rio. Com essas informações, foi elaborado o plano de obras que incluiu a listagem do material e o orçamento detalhado.

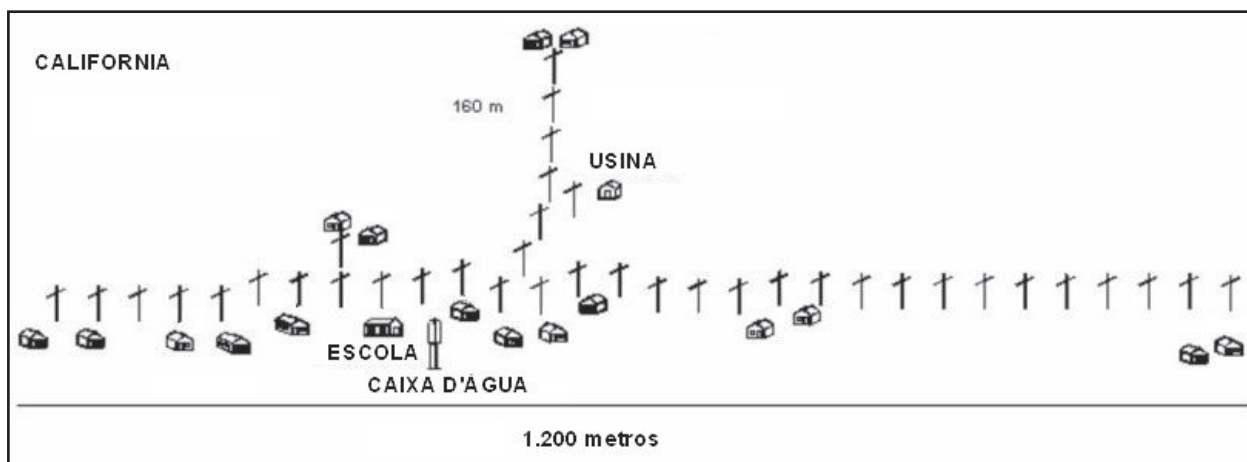


Figura-2.9. Esquema elétrico da comunidade de Califórnia.

Fonte: Dias (2005a).

Os cálculos para a comunidade de Califórnia, considerando as 17 moradias, a escola, o bombeamento de água, a mini-indústria e o crescimento da demanda, apresentaram a solicitação de um investimento de R\$ 209.000,00 destinados à geração e mais R\$ 75.684,43 para a minirrede. Um valor total de R\$ 284.684,43, que, ao ser dividido pelos 19 consumidores, acarretou em um índice de R\$ 14.983,39 para cada nova ligação.

Comentários Sobre o Custo do ANG-D-MR

O planejamento da eletrificação da Regional do Juruá para as 180 comunidades de 4 a 55 casas, considerando todos os vilarejos com sua própria geração distribuída, apresentou um investimento médio da geração e das minirredes, respectivamente de R\$ 14.120,00 e de R\$ 4.600,00 por consumidor, totalizando a média de R\$ 18.720,00 para cada **ANG-D-MR**. Um montante bem maior do que a tradicional extensão de linha de distribuição a partir de sistemas já eletrificados, mas certamente inferior ao custo da interligação de tão poucos consumidores tendo de ultrapassar rios, pântanos, florestas e outros obstáculos naturais.

Uma opção para a redução do investimento e dos custos de O&M do **ANG-D-MR**, representa, como mencionado anteriormente, a interligação das localidades próximas, cuja análise requer um aprofundamento dos trabalhos até então realizados. O abrandamento da legislação possibilitando o funcionamento das usinas menores sem grupo-gerador de reserva também contribuiria para uma redução substancial dos custos de implantação desses novos sistemas. No caso da Regional do Juruá, a eletrificação de conjuntos de vilarejos próximos a partir de um único grupo gerador reduziria o investimento médio para R\$ 16.000,00 por consumidor, e a retirada do gerador de reserva dos sistemas com menos de vinte ligações faria o custo médio da geração cair para R\$ 9.800,00 por consumidor (Di Lascio, 2005a). Logicamente, a união destas duas opções levaria a um custo ainda menor, porém estes estudos não foram realizados.

Custo dos Sistemas Fotovoltaicos Individuais

A definição do tamanho do sistema fotovoltaico é uma questão que deve estar associada à necessidade do serviço a ser prestado e à disponi-

bilidade financeira para obtê-lo, sendo definido em quilowatt-hora por mês que se pretende ofertar. O atendimento das moradias totalmente isoladas, ou reunidas em conjuntos de até três casas, terá de ser efetuado por Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares (SFDs), por causa da impossibilidade tecnológica e econômica de atender tal demanda com outro tipo de fonte energética. Nessa situação, encontram-se as restantes 48.393 famílias da Amazônia rural, que representam 6,3% do total das novas ligações, sempre tomando por referência o Censo 2000. A este número devem ser somados os sistemas fotovoltaicos para os equipamentos de uso comunitário, como bombas d'água ou TVs.

Configuração dos Sistemas Fotovoltaicos

Para ajustar a eletricidade gerada pelos módulos fotovoltaicos às características da carga, é necessário intercalar entre ambos um módulo de estocagem de energia e um sistema eletrônico de controle. Esse equipamento também deve evitar que ocorram cargas e descargas excessivas na bateria e, assim, prolongar sua vida útil. Desse modo, os elementos fundamentais que caracterizam os SFDs são: o módulo fotovoltaico, a unidade de armazenamento de energia para o período noturno – constituída de pelo menos uma bateria – o sistema de controle carga/descarga (CCD) do acumulador e os equipamentos da carga.

No caso dos SFDs, a configuração exclusivamente em corrente-contínua (CC), em 12 volts, está Figura-2.10, a qual é muito difundida para os arranjos de pequena potência. Nesta opção, os sistemas são robustos e confiáveis, e o aumento do custo, devido às lâmpadas em CC, e a necessidade de uma fiação de diâmetro maior são compensados pela simplicidade do sistema, que finalmente acarreta na redução global do investimento (Melo, 2005).

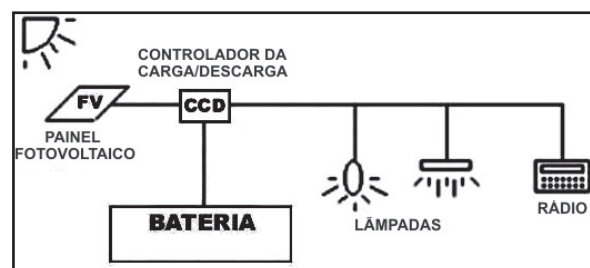


Figura-2.10. Diagrama de um Sistema Fotovoltaico Domiciliar.
Fonte: Melo (2005).

Os equipamentos eletrodomésticos em corrente-contínua de 12 volts, tais como lâmpadas, ventiladores, rádios, TVs, e outros, são comuns no

comércio das cidades mais afastadas do interior da Amazônia, porque várias famílias adotam o uso de baterias, que são reabastecidas nos centros em que a eletricidade é regularmente fornecida. Tal fato ocorre porque até mesmo o vendedor ambulante providencia o carregamento ou a troca das baterias. Por outro lado, lâmpadas, televisões e refrigeradores, em CC, também são muito utilizados nos transportes coletivos e nas embarcações, o que representa outro motivo para esses equipamentos serem comumente fornecidos pelas indústrias.

O arranjo misto em corrente-contínua/corrente-alternada (CC/CA) é outra opção adotada para a energia fotovoltaica. Ele é formado por uma linha em CC para iluminação, acrescido de um conversor CC/CA, chamado de inversor (INV), de pequena potência, com 150 a 300 W, para alimentação de uma TV e outras pequenas cargas em corrente-alternada, conforme pode ser visto na Figura-2.11. Esta escolha evita o funcionamento do INV durante os períodos de tempo em que a carga é exclusivamente de iluminação, ou seja, quando a potência demandada é muito baixa.

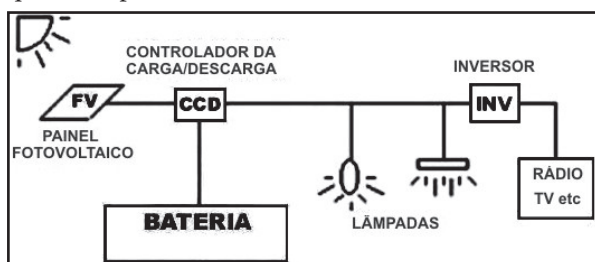


Figura-2.11. Sistema FVD, com atendimento em CC e CA.
Fonte: Melo (2005).

O sistema misto CC/CA, da Figura-2.11, oferece a vantagem de manter o fornecimento de energia aos equipamentos de iluminação mesmo com o INV em pane. Note-se que o inversor tem representado a maior causa de defeito na Região Norte conforme demonstra o elevado índice de sucateamento dos 9.000 sistemas fotovoltaicos instalados na década de 90 pelo Programa Nacional de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (Prodeem) do MME, dos quais menos de 2.000 estavam funcionando após dez anos de implantação (Prodeem, 2004; TCU, 2003). Além disso, o consumidor, ao dispor de corrente-alternada, fica com a falsa impressão de uma capacidade energética superior a que efetivamente possui e, muitas vezes, sobrecarrega o sistema, aumentando a probabilidade de defeito. Portanto, o custo mais alto com as lâmpadas em corrente-contínua é compensado pelo aumento da confiabilidade da iluminação que, nos locais remotos da Amazônia, representa um aspecto muito

significativo. Quanto à definição de interrupção de atendimento pela legislação, alguns ajustes são necessários por causa dos dois tipos de suprimento de energia elétrica, que implica considerar as ocorrências parciais, como no caso de pane no inversor, quando a iluminação continua funcionando.

A configuração com todas as cargas sendo atendidas em corrente-alternada, apresentada na Figura-2.12, facilita a aquisição dos equipamentos eletroeletrônicos pelos usuários. No entanto, permanecem as questões da confiabilidade dos inversores e as perdas a eles associadas, sobretudo, durante os períodos em que a carga é pequena. Existem inversores com eficiências relativamente altas para situações de baixa demanda, porém de custo mais elevado e que ainda precisa ser testado na Amazônia. Outro problema do atendimento unicamente em corrente alternada, reside, na já citada baixa confiabilidade dos inversores (TCU, op. cit.).

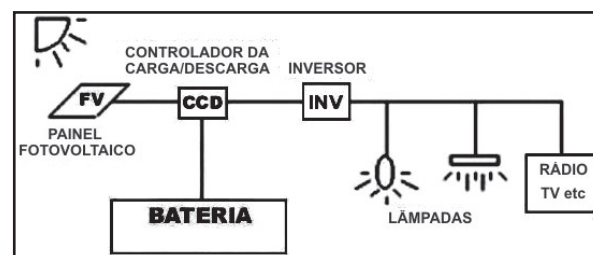


Figura-2.12. Sistema FV totalmente atendido em corrente-alternada.
Fonte: Melo (2005).

O uso da configuração com todas as cargas em corrente-alternada, como indica a Figura-2.12, reduz o encargo do prestador do serviço, pois, ao entregar ao consumidor a energia em CA, ele se responsabiliza apenas pelos elementos de geração, acumulação e acondicionamento de potência. No entanto, nos locais remotos, esta questão deve ser considerada de forma mais abrangente por causa da falta de apoio técnico para consertar as panes internas das instalações.

Os SFDs com todas as cargas sendo atendidas em corrente alternada são encontrados em três faixas de capacidades: pequenos de 45 a 75 watts-pico; médios de 75 a 150 Wp; e grandes com potências entre 150 e 300 Wp. Não existe impedimento técnico para adotar sistemas fotovoltaicos domiciliares com potências superiores a 300Wp.

Especificações para Atender a Legislação

As características tecnológicas, o dimensionamento e as condições do Atendimento da Nova Geração Distribuída Fotovoltaica, **ANGD-FV**, in-

cluindo os SFDs e as instalações comunitárias, foram regulados pela Aneel em sua Resolução Normativa nº 083 de 2004 sobre Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (Sigfi). Esta norma tomou por referência um projeto do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do IEE/USP, implantado na comunidade ribeirinha de Vera Cruz, no município de Benjamin Constant no Alto Solimões, no Estado do Amazonas. A Figura-2.13 mostra uma moradia típica daquele projeto, em que todas as cargas foram atendidas em corrente alternada, com potência individual instalada de 75 watts-pico e disponibilidade energética de 6 kWh/mês (Zilles & Fedrizzi, 1998, Zilles, 2004).



Figura-2.13. SFD de 75 Wp e 6,0 kWh/mês, no Amazonas.

Fonte: Zilles (2004).

Para grande parte da Amazônia, cuja radiação solar média mensal, no pior período do ano, é de 4,0 kWh/m²/dia, calcula-se que um sistema fotovoltaico pequeno de 50 Wp não poderá ofertar mais do que 4,0 kWh/mês, ou seja, apenas energia suficiente para algumas lâmpadas fluorescentes de baixa potência e um pequeno rádio. Já um conjunto de 300 Wp pode disponibilizar 24 kWh/mês, dando um pouco mais de flexibilidade ao usuário com relação à utilização, aumentando o número de lâmpadas e introduzindo outros equipamentos eletroeletrônicos, como uma televisão. Além disso, existem ainda as classes 30, 45, 60 e 80 kWh/mês.

Um estudo sobre SFDs atendendo integralmente às características requeridas pela legislação está sendo elaborado pelo IEE/USP, com apoio do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, que financia o projeto nº 09, o qual estendeu para São Francisco do Aiucá, no Estado do Amazonas o projeto “Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares” daquela instituição. A ação é coordenada pelo Professor Roberto Zilles, recebe recursos do Fumim/BID e atende a Resolução Normativa da Aneel nº 083 de 2004. Ao todo foram implantados 19 sistemas com capacidade

individual de 200 Wpico e distribuição em corrente alternada. Eles são classificados como Sigfi-13, não possuem equipamentos de medição e cada um disponibiliza 13 kWh por mês, que é o padrão mínimo desse tipo de atendimento.

A configuração técnica dos sistemas Sigfi-13 de São Francisco do Aiucá tem como suporte um controlador de carga de 20 amperes, um gerador fotovoltaico de 200 Wp, uma bateria de 150 Ah em 24 Vcc e um inversor CC/CA para 127 V com de 250 watts de potência. Igualmente, foram incluídos dispositivos de medição e proteção, assim como a utilização de produtos certificados, instalações com qualidade técnica e custos compatíveis com a realidade econômica dos beneficiários.

A metodologia adotada nesse projeto do IEE/USP buscou equacionar os problemas de maneira participativa, com envolvimento da comunidade. Cada família, além do treinamento para o uso dos SFDs, também recebeu um guia do tipo manual e um caderno contendo algumas explicações sobre o significado da comunicação luminosa proporcionada pelo inversor, e, ainda, planilhas para registrar tanto o consumo mensal de energia quanto o histórico da manutenção. No primeiro dia de cada mês é realizada a leitura, por um técnico local, dos dados numéricos que aparecem no display dos medidores de amperes-horas. As medições efetuadas durante o primeiro ano indicaram valores médios de consumo abaixo de 13 kWh/mês, mesmo se em cinco desses sistemas o valor máximo foi excedido durante alguns meses (Zilles, 2007).

No primeiro ano os valores mensal e anual de DIC dos sistemas fotovoltaicos de São Francisco do Aiucá estiveram de acordo com os quesitos de disponibilidade energética como, também, nos padrões de continuidade e qualidade do serviço estabelecidos pela Resolução nº 083 de 2004 da Aneel, que limitou em 216 horas o DIC mensal e 648 horas o DIC anual. Entre as falhas, merece destacar que durante o mês de abril de 2006 ocorreram faltas de energia em 5 residências. Cada uma dessas panes elétricas durou uma noite e foi provocada pela sequência de dias nublados e pelo uso excessivo dos sistemas por algumas famílias. Segundo informações dos comunitários, houve uma sucessão de dias nublados no mês dos cortes automáticos de alguns sistemas. O baixo nível de radiação solar durante alguns dias e as cargas existentes nos SFDs, podem ter contribuído para que alguns sistemas atingissem o limite de dois dias de autonomia, conforme prevê a norma em vigor. Por

outro lado, o projeto não relatou a ocorrência de avarias em qualquer dos inversores entre agosto de 2005 a maio de 2007 (Zilles, 2007).

Ainda sobre os sistemas do Aiucá, cabe informar sobre algumas falhas específicas. A interrupção causada pelo disjuntor diferencial no SFD-4 demorou cinco dias para ser solucionada pelos comunitários. A interrupção causada por uma falha nas conexões do quadro elétrico do SFD-13 demorou sete dias para ser solucionada. No primeiro ano de funcionamento foram trocadas 15 lâmpadas dos 19 SFDs deste projeto (Zilles, 2007).

O modelo de gestão implantado em São Francisco do Aiucá incluiu um Fundo de Operação e Manutenção dos sistemas. Este controle se dá por meio do recolhimento das mensalidades dos usuários dos SFDs, realizado pelos Gestores do Fundo de O&M, e o depósito é efetuado na conta poupança da comunidade (Zilles, 2007).

Quanto ao custo das instalações, segundo estudos elaborados pelo “Projeto Equinócio”, a implantação dos SFDs tem um valor médio de R\$ 20.000,00 por unidade consumidora (Di Lascio, Pioch & Rodrigues, 2006; Di Lascio, 2005a,b). Este montante não é muito superior ao que foi calculado para cada ligação com grupo-gerador e minirrede, porém a pouca potência disponibilizada impede que a energia fotovoltaica contribua na execução de atividades produtivas, e, portanto, não colabora para aumentar a renda e a sustentabilidade econômica dos usuários. Mesmo com esta deficiência, a energia FV representa a melhor opção para a eletrificação de moradias totalmente isoladas da Amazônia rural, e o valor sugerido acima será adotado como base para as análises econômicas do presente trabalho.

DESPESAS COM OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS NOVOS SISTEMAS

A extensão de rede praticada pelos **AS-Int** e **AS-Isol** na Amazônia rural, na maioria das vezes, fornece eletricidade a consumidores rurais de características essencialmente agrícola e pecuária. Como a capacidade desses sistemas é suficiente para mover pequenas atividades de agregação de valor através do beneficiamento da produção, eles, igualmente, contribuem para aumentar a renda e a sustentabilidade econômica desses novos usuários de energia elétrica, e reduzem a possibilidade de inadimplência dos mesmos. Esta ação positiva pode ser bastante incrementada por ações integradas transversais voltadas para a capacidade produtiva local, conforme

vem sendo praticada em vários locais pelo Programa Luz para Todos do MME.

A questão econômica dos **ANGD-MR** segue na mesma direção dos empreendimentos de simples extensão de rede, porém deve ser levado em conta que se trata de populações com um nível de maior de pobreza, aliás, tão intenso que, geralmente, elas não possuem meios para agregar valor à produção local. Esta constatação indica que o consumo de eletricidade desses novos usuários conectados às minirredes será insuficiente para tornar satisfatório o retorno a ser obtido pelo prestador do serviço público. Para romper essa barreira se faz necessário, também, investir na capacidade de beneficiamento da produção, de modo a aumentar o nível de consumo de energia e tornar seu fornecimento economicamente sustentável. Contudo, essa questão não pode ser resolvida pelo Programa Luz para Todos.

No caso dos **ANGD-FV**, não é válido considerar a sustentabilidade econômica do serviço por causa da capacidade de pagamento dos usuários, porque, com raras exceções, eles apresentam o maior índice de pobreza de todos os beneficiados. Além disso, a pequena capacidade dos sistemas fotovoltaicos não possibilita influir na melhoria da pouca renda das famílias. De fato, eles somente acarretam no aumento das despesas, com a compra de lâmpadas e o pagamento de tarifas. Assim sendo, o retorno econômico do prestador do serviço terá de ser avaliado em razão do nível de subsídio fornecido para tornar viável a inclusão elétrica dessa população rural da Amazônia.

Custo de O&M com AS-Int e AS-Isol

Os custos de operação e manutenção dos **AS-Int** e **AS-Isol** não serão avaliados em profundidade porque eles não atendem os vilarejos isolados da Amazônia brasileira, que representa o objetivo deste trabalho. De fato, essas novas ligações irão retirar do isolamento aqueles consumidores situados não muito distantes dos centros urbanos que já estão servidos com fornecimento regular de eletricidade.

Mesmo assim, aqui estão incluídos alguns comentários julgados pertinentes como subsídio para comparação de desempenho entre os diversos tipos de sistemas. Segundo a Eletroacre as despesas anuais com a manutenção e a operação das redes de distribuição rural de todo o estado do Acre, em 2005, alcançou R\$ 941,65 por quilômetro de rede. Assim, no caso de locais com densidade ao redor de uma ligação a cada quilômetro de rede, esse custo médio representou R\$ 78,47 por consumi-

dor-mês (Di Lascio, 2005b). Como a taxa mínima gira em torno de R\$ 4,00 por mês, o valor antes mencionado é preocupante, pois significa cerca de R\$ 73,00 a mais de despesa da concessionária por cada consumidor-mês.

Para não deixar totalmente sem resposta a questão do custo de O&M dos sistemas atendidos por simples extensão de rede, foi adotado como valor básico cerca de 10% do montante informado. Isso constitui uma despesa provável de R\$ 8,00 por mês, ou R\$ 96,00 por ano, com as atividades de cobrança e manutenção de cada um desses novos consumidores rurais da Amazônia.

Despesas com O&M do ANGR-MR

A adoção da geração distribuída alimentada a óleo diesel para o **ANGD-MR** acarretou na necessidade de novos procedimentos específicos de operação e manutenção, por causa da pequena demanda das usinas e pelas especificidades da Amazônia rural. Destaca-se que a operação é a parte mais complexa do planejamento dos sistemas elétricos para comunidades isoladas. Por isso, as indicações aqui apresentadas têm como pressuposto o atendimento elétrico por 24 horas, mas, isso não sendo possível, caberá à legislação se adaptar à nova realidade.

Normalmente, a operação e a manutenção dos sistemas elétricos são organizadas de acordo

com a delimitação dos municípios. No entanto, na Amazônia, a sistemática do ribeirinho é construída com base na realidade por ele vivida, e não faz sentido estabelecer de forma diferente a organização do atendimento de energia elétrica. Na lógica urbana, as distâncias são definidas pelas rodovias, mas na Amazônia Ocidental a cidade mais próxima é a que está rio abaixo, isto porque a direção das águas facilita o carregamento da farinha e de outros produtos locais, ou “o rio comanda a vida”, como afirma Leandro Tocantins (1988). Aliás, esta é uma lógica de ocupação e organização das comunidades, que acontece a partir da hierarquia desses rios. Em função dessa realidade, no presente estudo, também se indica que o atendimento elétrico seja planejado adotando os rios como referencial.

Conforme justificado anteriormente, o pequeno tamanho das usinas diesel e a pouca renda dos moradores desaconselharam o uso de operadores junto aos grupos-geradores. No caso do planejamento da eletrificação da Regional do Juruá, foi definida uma estratégia de operação e manutenção, descrita na Tabela-2.6, e que pode ser estendida para todos os locais da Amazônia com população rural ribeirinha. Quanto à tarefa a ser executada, indica-se que cada equipe inclua na sua atuação a usina de geração e a minirrede, inclusive efetuando a leitura do consumo e entregando a fatura para o pagamento.

TABELA-2.6. ESTRATÉGIA DE O&M PARA ANGD-MR.

Atividade	Descrição
Tarefa a ser executada	O&M da geração e da minirrede
Composição da equipe	2 técnicos em turno de 15 Dias
Dimensão do atendimento	24 sistemas por equipe
Frequência das visitas	uma visita por turno de 15 dias
Sistema de Alerta	equipamento rádio p/emergências
Meio de transporte	batelão e canoa rabeta
Suporte na sede	escritório, almoxarifado e guincho

Fonte: Di Lascio (2005a).

Para o planejamento do esquema de cada equipe de manutenção, foi considerado o pequeno tamanho das instalações dos vilarejos, que mostrou ser suficiente estabelecer uma composição com dois técnicos em cada uma delas. Esta dimensão é mínima, porém suficiente para respeitar os preceitos da segurança, mesmo levando em conta as dificuldades normais do local onde o trabalho será desenvolvido. Do mesmo modo, foi indicado o esquema de turno de 15 dias de trabalho e um período igual de descanso, o qual vem sendo praticado pelas empresas

que executam tarefas em locais distantes e de acesso precário, como na operação e na manutenção das plataformas de petróleo de alto-mar.

O número de sistemas a ser atendido por cada equipe está relacionado com a dimensão e a dificuldade do serviço a ser executado. O tempo de estadia em cada vilarejo é influenciado pelos seguintes fatores: tamanho do grupo-gerador, nível do rio, distância da usina até a margem, tipo de solo em que a mangueira terá de ser lançada até o tanque de combustível, número de consumidores, comprimento da

rede, existência de alguma pane, etc. Como ao longo dos rios se sucedem vilarejos de tamanhos distintos, a área abarcada por uma equipe incluirá sistemas de dimensões diferentes, que, a exemplo do estabelecido para a Regional do Juruá, possibilita avaliar em 24 o número de sistemas de geração distribuída e minirredes a serem visitados pelo menos uma vez, durante os 15 dias de duração de cada turno.

A especificação da periodicidade de realização das visitas para manutenção e reabastecimento avaliou o alto grau de desenvolvimento tecnológico e a longa experiência existente com o funcionamento automático de grupos-geradores. Desse modo, tais equipamentos foram considerados capazes de funcionar continuamente sem necessitar da assistência de operadores, sendo então admissível uma visita para reabastecimento e manutenção a cada 15 dias.

Para fazer face aos defeitos, cada usina deverá dispor de equipamento de rádio destinado a avisar à própria equipe de manutenção, que, dependendo da urgência do problema, poderá interromper a sequência de inspeção e atender o “chamado”. Este aviso deverá ser ao mesmo tempo disponibilizado para a comunidade afetada, de modo a torná-la igualmente capaz de solicitar a correção do problema. Contudo, mesmo parecendo estar contribuindo para a redução da eficiência do trabalho, a indicação de uma mesma

equipe efetuando as visitas periódicas, e também corrigindo as panes, tem por justificativa as distâncias envolvidas, que compensa mantê-las com a carga de trabalho um pouco inferior ao limite máximo, para não deslocar uma segunda turma de reparação.

Além das equipes operacionais de campo, também estão previstos escritórios com almoxarifado nas sedes dos municípios, com pessoal de apoio para as equipes que efetuam a manutenção das usinas e minirredes, providenciando o armazenamento e o controle de materiais e serviços, assim como o reabastecimento dos barcos. Ademais, nas pequenas vilas situadas à beira dos rios, terá de ser providenciado algum tipo de guincho para carregar e descarregar os barcos.

Quanto ao transporte, indica-se o uso de “batelão” e “barco rabeta” comuns na Amazônia. O batelão, mostrado na Figura-2.14, é próprio dos rios maiores, tem dimensão suficiente para inclusive ser utilizado como moradia, e pode rebocar uma balsa com o carregamento de combustível. Para os cursos d’água secundários, bem como os igarapés, somente são adequadas as canoas de alumínio com motor rabeta, conforme mostra a Figura-2.15, cuja hélice no final de um longo eixo possibilita a navegação com pouca água, entre 20 a 30 centímetros de profundidade. Nesse caso, o combustível terá de ser rebocado, porém será uma operação penosa.



Figura-2.14. Batelão com dois motores.
Fonte: Di Lascio, Pioch & Rodrigues (2006).



Figura-2.15. Barco com motor “rabeta”.
Fonte: ibidem.

O custo de O&M representa as despesas do apoio em terra e com pessoal e equipamentos das equipes de campo. Nessa concepção um centro reúne cinco equipes móveis, que incluem a troca do pessoal a cada 15 dias; mas o equipamento permanece o mesmo. Desse modo, cada uma atende 240 consumidores, repartidos em 24 pequenos vilarejos, que são visitados duas vezes por mês. O valor

médio para cada equipe de campo resultou em R\$ 305.121,96 por ano. O custo final da operação e da manutenção para cada consumidor foi calculado em R\$ 105,95 por ligação-mês, ou um total anual de R\$ 1.271,34, para cada consumidor; e isso sem levar em conta as despesas com o combustível para gerar a energia elétrica e o lubrificante das usinas (Di Lascio, Pioch & Rodrigues, 2006).

Custo de Operação e Manutenção do ANG-D-FV

A sistemática de operação e manutenção dos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares isolados deve obedecer às exigências da Aneel explicitadas na Resolução Normativa nº 83, de 20 de setembro de 2004, que dita os procedimentos e as condições de fornecimento por intermédio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (Sigfi). Essa questão foi aqui analisada com base nas conclusões resultantes do planejamento da universalização da Regional do Juruá, que apontou de modo preliminar a necessidade da realização de pelo menos uma visita mensal para atender os requisitos mínimos da referida resolução.

Como se tratam de consumidores isolados e dispersos, o acesso será mais difícil e o tempo requerido para a visita de cada SFD será maior do que nas minirredes. Assim sendo, para oferecer aos usuários dos SFDs um atendimento com a qualidade exigida pela Aneel, foi adotada a sistemática anteriormente apresentada na Tabela-2.6, porém com cada equipe visitando apenas uma vez ao mês os mesmos 240 consumidores. Em consequência, o custo de O&M foi calculado em R\$ 105,95 por ligação-mês, ou R\$ 1.271,34 por ano para cada ligação (Di Lascio, Pioch & Rodrigues, 2006).

BALANÇO ECONÔMICO DA UNIVERSALIZAÇÃO TRADICIONAL

A definição da sustentabilidade econômica do prestador do serviço de energia elétrica das áreas rurais da Amazônia, onde está sendo prati-

cada a simples extensão de rede de distribuição, não é fácil de ser equacionada, porque, nessas áreas, faltam estudos e experiências sobre os custos de operação e manutenção. Os exemplos sobre a implantação de geração distribuída e minirredes são igualmente escassos, e não são encontrados trabalhos de avaliação econômica desse tipo de sistema energético.

Do mesmo modo, as experiências com Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares são raras, sugerindo que os valores apresentados a seguir devem ser tomados como indicativos para outras análises mais detalhadas. De fato, a maioria dos sistemas fotovoltaicos implantados na Amazônia recebeu o patrocínio do Programa Nacional de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios Prodeem, do MME, e foram destinados para usos comunitários em escolas e postos de saúde, ou efetuando bombeamento de água (TCU, op. cit.).

Investimento Total da Universalização da Área Rural

Com base na estimativa de custos de implantação até aqui descritos, a universalização das 769.270 residências da Amazônia rural deverá requerer um investimento superior a 7,8 bilhões de reais, conforme apresentado na Tabela-2.7. Ressalta-se que esse valor sozinho quase alcança a estimativa inicial de 9,5 bilhões de reais feita pelo “Programa Luz para Todos” para todo o País.

TABELA-2.7. INVESTIMENTO TOTAL PARA UNIVERSALIZAR A AMAZÔNIA RURAL.

Tipo de atendimento	Nº Consumidores	Custo/Consumidor	Total/Tipo
AS-Int	454.855	R\$ 8.000,00	R\$ 3.638.840.000,00
AS-Isol	159.403	R\$ 8.000,00	R\$ 1.275.244.000,00
ANGD-MR	106.619	R\$ 18.720,00	R\$ 1.995.907.000,00
ANGD-FV	48.393	R\$ 20.000,00	R\$ 967.860.000,00
Investimento Global			R\$ 7.877.851.000,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

No panorama apresentado na Tabela-2.7 não foram consideradas as ligações para atender as escolas, os bombeamentos de água e os beneficiamentos das produções locais. Essas cargas significariam um aumento de 5 a 10% no número de consumidores, que acarretariam num investimento ainda maior. Todavia, o modelo de universalização adotado teria de ser alterado para garantir a sustentabilidade do serviço. Por conseguinte, a ampliação do enfoque foi

julgada desnecessária, pois uma estratégia mais adequada será abordada nos capítulos subsequentes.

Custo Global de O&M dos Novos Consumidores Rurais

As despesas com a operação e a manutenção dos novos consumidores rurais da Amazônia constam da Tabela-2.8, que indicam um custo glo-

bal anual de R\$ 256.041.958,42. Trata-se de um resultado obtido a partir de valores preliminares,

que, por atender a legislação vigente, dificilmente poderia ser inferior.

TABELA-2.8. CUSTO ANUAL DE O&M DOS NOVOS CONSUMIDORES RURAIS.

Tipo de atendimento	Consumidores [nº ligações]	Custo/Consumidor [R\$]	Total O&M [R\$]
AS-Int	454.855	96,00	43.666.080,00
AS-Isol	159.403	96,00	15.302.688,00
ANGD-MR	106.619	1.271,34	135.549.160,64
ANGD-FV	48.393	1.271,34	61.524.958,78
Custo O&M Global			256.041.958,42

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na abordagem da Tabela-2.8, também deixaram de ser consideradas as ligações dos serviços públicos e dos beneficiamentos da produção. A justificativa tem o mesmo caráter daquela anteriormente apresentada.

Despesas com Energia Elétrica ou com Óleo Diesel para Atender as Novas Ligações

A definição das despesas com energia elétrica, ou com óleo diesel, para suprir as novas ligações requer inicialmente algumas considerações quanto à estimativa de consumo dos novos usuários. Como conhecido, essa demanda na área rural, geralmente, começa pequena e cresce bastante nos anos seguintes. No início, eles somente possuem lâmpadas e um rádio, resultando num consumo individual médio não superior a 30 kWh/mês. Após três anos, muitas famílias já adquiriram uma televisão e uma geladeira,

o que aumenta o consumo médio para 50 kWh/mês por moradia. No sexto ano, quase todas as moradias possuem televisão e geladeira, e o consumo médio alcança 80 kWh/mês por consumidor.

Nas áreas com **AS-Int**, a energia elétrica do fornecedor do serviço virá de geração própria, geralmente de fonte hidráulica, ou será adquirida do Sistema Interligado, cujo valor acatado na construção da Tabela-2.9 representou R\$ 55,00 por Mega watt-hora. Nos locais de **AS-Isol** a distribuidora quase sempre fará a aquisição da eletricidade, cujo valor de venda deverá estar situado próximo de R\$ 120,00 por kWh, porém nele já está incluído o subsídio da CCC-Isol, que compensa 75% do custo do óleo diesel. Como a tabela em consideração trata do valor efetivo da energia, este subsídio é desconsiderado nesta etapa, e o custo apresentado corresponde ao montante despendido para a compra do óleo diesel. Cabe ressaltar que a contribuição da CCC-Isol, não reduz o déficit operacional, apenas redistribui o problema financeiro.

TABELA-2.9. CONSUMO DAS LIGAÇÕES E CUSTO DESTA ENERGIA PARA O PRESTADOR DO SERVIÇO.

Tipo de atendimento	Ligações	Consumo Anual	Compra Energia	Custo Energia
AS-Int	454.855	436,66 GWh/ano	436,66 GWh/ano	R\$ 24.016.300,00
AS-Isol	159.403	153,03 GWh/ano	61,2 M litros	R\$ 122.421.504,00
ANGD-MR	106.619	102,35 GWh/ano	40,9 M litros	R\$ 81.883.392,00
ANGD-FV	48.393	17,42 GWh/ano	-	-
Totais		709,46 GWh/ano		R\$ 228.321.196,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

O resumo da estimativa de consumo de energia elétrica pelos novos consumidores rurais da Amazônia, assim como das despesas com a compra pela distribuidora da energia elétrica ou do óleo diesel pela encarregada da geração distribuída, consta da Tabela-2.9. Esse cálculo nos **ANGD-MR**, considerou o sexto ano após a eletrificação, ou seja, o valor de 80 kWh/mês por ligação. Como no **ANGD-FV**,

a capacidade disponibilizada é pequena, o consumo médio foi fixado em 30 kWh/mês por moradia.

Nos locais com **ANGD-MR**, por se tratar de sistemas muito pequenos, levou-se em conta um consumo específico de 0,4 litros de óleo diesel para cada quilowatt-hora gerado, e o combustível sendo adquirido por R\$ 2,00 o litro, com a CCC-Isol também deixando de ser considerada. Quanto

ao **ANGD-FV**, pela própria característica do atendimento, não existe aquisição de combustível.

Receita Relativa à Universalização

A partir do consumo anual de energia dos novos atendimentos domiciliares fornecido pela Tabela-2.9, calculou-se a arrecadação que será

obtida. Para todos eles, foi atribuída a tarifa rural de R\$ 0,22 por quilowatt-hora fornecido. Na Tabela-2.10 consta, inclusive, o ingresso devido aos **ANGD-FV**, que resultarão na entrada de R\$ 3.832.400,00 por ano. Na mesma tabela está representada a soma da arrecadação dos **AS-Int**, **AS-Isol**, **ANGD-MR**, e **ANGD-FV**, que somarão R\$ 152.248.800,00 por ano.

TABELA-2.10. RECEITA ANUAL RELATIVA A ENERGIA CONSUMIDA PELAS NOVAS LIGAÇÕES.

Tipo de atendimento	Ligações	Consumo Anual	Arrecadação
AS-Int	454.855	436,66 GWh/ano	R\$ 96.065.200,00
AS-Isol	159.403	153,03 GWh/ano	R\$ 33.666.600,00
ANGD-MR	106.619	102,35 GWh/ano	R\$ 22.517.000,00
ANGD-FV	48.393	17,42 GWh/ano	R\$ 3.832.400,00
Totais		709,46 GWh/ano	R\$ 156.081.200,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

Cabe citar que a plena abordagem da questão tarifária deve envolver a incidência da taxa mínima, assim como de alguns subsídios fornecidos à distribuidora em compensação ao baixo valor atribuído à energia elétrica. Entretanto, essa questão é um assunto complexo, cuja legislação sofre alterações constantes e, portanto, foge ao escopo deste trabalho.

DIFÍCIL SUSTENTABILIDADE DA ELETRIFICAÇÃO DA AMAZÔNIA RURAL

A Tabela-2.11 demonstra o balanço financeiro das novas ligações tomando por base o custo e a arrecadação de todos esses consumidores. A observação da referida tabela possibilita constatar que o **AS-Int** é o único com balanço positivo, enquanto todos os outros apresentam déficit.

TABELA-2.11. BALANÇO FINANCEIRO ANUAL DAS NOVAS LIGAÇÕES.

Atendimento	Ligações	Custo Global [R\$]	Arrecadação Global [R\$]	Balanço Global [R\$]
AS-Int	454.855	67.682.380,00	96.065.200,00	+ 28.382.820,00
AS-Isol	159.403	137.724.192,00	33.666.600,00	- 104.057.592,00
ANGD-MR	106.619	217.432.552,64	22.517.000,00	- 194.915.552,64
ANGD-FV	48.393	61.524.029,78	3.832.400,00	- 57.691.629,78
Totais		484.363.154,42	156.081.200,00	- 328.281.954,42

Fonte: Elaborado pelos autores.

As despesas com O&M, somadas aos custos da energia elétrica e do óleo diesel, de acordo com a Tabela-2.11, superam a arrecadação e resultarão num déficit de R\$ 328.281.954,42 por ano. Ao se considerar a contribuição da CCC-Isol, verifica-se que a falta de arrecadação será parcialmente compensada em R\$ 153.228.672,00 por ano, mas ainda faltarão outros R\$ 175.053.282,42 para completar o equilíbrio financeiro do atendimento. Esse balanço negativo mostra a falta de sustentabilidade do modelo de universalização tradicional, agravada pelo fato da atividade produtiva atual ser insuficiente para utilizar plenamente a capacidade energética a ser instalada. A esse resultado anu-

al negativo deve ser acrescentado que a eletrificação da Amazônia rural representa um custo de implantação de R\$ 7.877.851.000,00, cujo investimento está previsto para ser realizado a fundo perdido.

Caso seja adotada esta opção de universalização para a Amazônia rural baseada no óleo diesel, sugere-se o estímulo às atividades produtivas como forma de aumentar a arrecadação pelo maior uso da energia. Entretanto, cabe destacar que por um lado o incremento do consumo de energia elétrica, praticamente, não afeta os custos de O&M, porém as despesas com a compra de eletricidade e de óleo diesel crescerão mais do que os ganhos com a arrecadação,

e o resultado final afastar-se-á cada vez mais do desejado equilíbrio financeiro. Surge então a necessidade do uso de outras fontes de energia, com foco para a abundante biomassa nativa renovável, que pode ser explorada de forma sustentável, sem as despesas de cultivo e com baixíssimo custo de extração.

Cabe ainda comentar que, embora o atendimento elétrico com diesel seja insustentável, ele se cons-

titui em uma etapa necessária para o desenvolvimento regional, desde que o planejamento contemple o menor impacto ambiental possível. A organização social em torno de novas atividades produtivas não somente desenvolverá uma nova cultura de trabalho coletivo, como abrirá caminho para a organização de cooperativas de eletrificação rural, que, por sua vez, poderão reduzir os custos da produção de energia elétrica.

FONTES DE ENERGIA TECNICAMENTE VIÁVEIS PARA AS ÁREAS RURAIS

A questão energética das áreas rurais da Amazônia está relacionada ao suprimento de eletricidade e ao fornecimento de combustíveis, para os quais a disponibilidade do recurso e a viabilidade técnica são essenciais na determinação de opções tecnológicas adequadas e eficientes. Não há dúvida que o uso de grupos-geradores movidos a óleo diesel apresenta uma tecnologia consolidada, contudo sua sustentabilidade econômica é difícil, se não impossível. Torna-se então necessário alcançar alternativas energéticas adequadas para a Região. Nesse sentido, o presente capítulo está dedicado à análise da viabilidade tecnológica das energias renováveis com expectativas promissoras. A geração com diesel, que foi abordada anteriormente, será aqui apenas considerada no caso dos sistemas híbridos. Quanto à sustentabilidade econômica da operação e da manutenção dessas novas modalidades de fontes primárias, elas serão consideradas no próximo capítulo.

Na Amazônia, o uso de fontes renováveis é raro, a exceção de alguns pequenos aproveitamentos hidráulicos e de sistemas fotovoltaicos comunitários, tendo por origem o Prodeem e os projetos de pesquisa. Isso acontece, não apenas por causa do custo mais elevado de implantação dessas energias ecológicas, quando comparado com motores a diesel ou a gasolina, mas, principalmente, por causa da tecnologia ser mais complexa, e, geralmente, desconhecida na região. Para superar esta deficiência, aqui se tem por objetivo contribuir na direção da troca dos combustíveis fósseis por fontes renováveis por meio da compreensão do problema.

A hidroeletricidade é considerada a melhor das fontes renováveis, por se tratar de uma energia densa, e que pode ser facilmente retirada do

estoque para utilização. Seu investimento é similar às energias renováveis mais utilizadas, e sua fonte primária está disponível sem custo. Ela apresenta como vantagens adicionais à simplicidade da tecnologia e o fato do Brasil possuir o domínio sobre a mesma. Apesar disso, falta ajustar os projetos à realidade social e ecológica de cada local, pois quando ela é construída de modo ambientalmente aceitável, e adequada com a realidade do local, suas despesas de operação são inferiores às outras alternativas energéticas. No entanto, a sazonalidade do regime fluvial em algumas regiões da Amazônia pode acarretar na redução ou interrupção da produção de energia, que por se tratar de atendimento rural isolado obriga na implantação de alguma outra fonte renovável, ou mesmo de geração diesel.

O aproveitamento eólico é bastante atrativo tanto do ponto de vista ambiental, como da ótica econômica, desde que implantado em sítios adequados. Na Região Amazônica, estas ocorrências são raras, e, quase todas, localizadas no litoral atlântico. A tecnologia é bastante simples, mas o País ainda não domina a construção dos equipamentos. Entretanto, nos últimos anos, têm sido alcançados grandes avanços no sentido da nacionalização dessa tecnologia, inclusive adequando melhor as características à realidade da pouca intensidade do vento no território brasileiro. Por se tratar de uma fonte primária intermitente, seu emprego em atendimentos isolados requer a existência de meios para estocar a energia produzida, e de um arranjo híbrido suprimindo os períodos em que o vento não atende a demanda. Assim sendo, para geração complementar podem ser citadas as opções: solar fotovoltaico, hidroeletricidade, geração diesel, entre outras.

A energia solar fotovoltaica apresenta o custo de implantação mais elevado, dentre as fontes renováveis comumente utilizadas. No Brasil, essa tecnologia é conhecida, mas a produção industrial ainda é incipiente. Como se trata de uma fonte de energia intermitente se faz necessário o emprego de outro tipo de geração para manter a continuidade do fornecimento durante os períodos sazonais com radiação solar muito baixa. Para o atendimento domiciliar individual, a segunda fonte fica descartada por ser antieconômica, e quando a bateria não consegue atender a demanda, resta apenas o corte parcial da carga pelos próprios usuários. No caso de minirredes, adota-se o uso da energia fotovoltaica sem baterias em sistemas híbridos para economizar óleo diesel durante o dia.

A opção da biomassa como fonte primária de energia vem logo após a hidroeletricidade, e pode significar uma ótima escolha, mesmo considerando o elevado custo inicial. Além de ser uma energia renovável, essa alternativa tem como grande vantagem ativar a economia local pela geração de postos de trabalho em razão do uso de produtos energéticos nativos ou cultivados. Seus equipamentos mais comuns são a caldeira e a turbina a vapor, que apresentam tecnologia perfeitamente dominada pelo Brasil, e a produção nacional comercializa modelos bastante adequados à realidade amazônica. Outras alternativas de fontes renováveis, tais como o óleo vegetal ou os gaseificadores, ainda estão em fase de desenvolvimento, porém alguns Projetos Piloto vêm apresentando resultados encorajadores. Ressalta-se que os limites ecológicos têm de ser cuidadosamente respeitados por se tratar de sistemas energéticos destinados a ambientes onde prevalece a floresta tropical úmida.

O gás natural é outra modalidade de geração de energia para uso isolado. Sua tecnologia é consolidada, embora, na região, esteja pouco testado, em especial quanto aos possíveis impactos ecológicos. Por último, com previsão mais remota para serem utilizados, encontram-se as células a combustível e o uso do vetor hidrogênio, que apresentam tecnologias ainda incipientes e não existem estudos significativos para os locais isolados no interior da floresta.

Desse modo, aqui serão estudadas as fontes hidráulica, eólica, solar e biomassa, assim como o gás natural, as células a combustível e o vetor hidrogênio, e, sempre que possível, procurando focar os seguintes aspectos:

- descrição técnica atualizada;
- eficiência energética do processo;

- tipo e quantidade de rejeitos emitidos;
- restrições quanto à qualidade do combustível e/ou do lubrificante;
- aceitação de variações de regime durante o funcionamento;
- preço do equipamento e sistema de garantia;
- tempo entre as revisões e o custo desta;
- condições de segurança a serem respeitadas de acordo com a lei local;
- quantidade de treinamento necessário para capacitar a população local;
- nível de internalização do processo e do equipamento;
- existência destes aspectos acompanhados e comprovados.

De um modo geral, pode-se adiantar que a questão tecnológica das fontes renováveis e do gás natural foi dividida em duas realidades. Aquelas que apresentam tecnologias consolidadas como a hidroeletricidade, as energias eólica e solar, e o uso de caldeira acoplada com turbina a vapor, que observando alguns cuidados especiais podem ser utilizadas na Amazônia. Há ainda aquelas que necessitam de estudos e acompanhamentos específicos como o uso de óleo vegetal em motores a combustão, à gaseificação da biomassa, o biogás, o vetor hidrogênio, as células a combustível e o não renovável gás natural, cujos estudos devem durar mais alguns anos até que seja alcançado o grau de maturidade requerido pela Região.

Este capítulo sobre fontes de energia para as áreas rurais da Amazônia foi montado a partir do estudo de bibliografia clássica, e enriquecido pelos trabalhos apresentados em quatro eventos que abordaram o tema da energia na Amazônia. O *Primeiro Seminário Internacional de Política Energética para o Desenvolvimento Auto-Sustentado da Amazônia (Pedasa'93)*, realizado em 1993 pela Universidade de Brasília, com apoio da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), conforme relatado por Di Lascio, Vasconcellos & Paz (1995). O *Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas (SAECX'2004)*, realizado em 2004 pelo Programa Luz para Todos, do MME (Di Lascio, 2004a,b, 2005b). O *Primeiro e o Segundo Seminários de Monitoramento dos Projetos Pilotos com Energias Renováveis para Atendimento de Comunidades Isoladas*, realizados em 2006 e 2007, com patrocínio do PLpT do MME (Barreto, 2006a e 2007d).

Considerou-se ainda o “Projeto de Referência em Energia Fotovoltaica”, implantado na Reserva

Extrativista do Rio Ouro Preto (Rerop), pelo “Projeto Equinócio”, do Departamento de Engenharia Elétrica da UnB (Di Lascio, 1996b, 2001a,b; Melo, 2005a; Melo et alii, 2006). Do mesmo modo, incluiu-se entre as referências o “Projeto de Óleos Vegetais”, implantado na Reserva Extrativista do Médio Rio Juruá (REMJJ), conduzido pelo Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), na comunidade do Roque, que foi inicialmente financiado pelo Programa do Trópico Úmido do CNPq, e, posteriormente, pela Aneel (Correia, 2002; Di Lascio, 2001b).

ENERGIA HIDRÁULICA

A grande disponibilidade de água da Amazônia não significa a possibilidade de uso deste recurso para fins energéticos em todos os locais. De fato, como foi visto no primeiro capítulo, mais da metade da área da AmL-Br é essencialmente plana com rios de baixa velocidade, onde as energias potencial e cinética da água são inexpressivas. À medida que esses rios vão se afastando da região conhecida como Planície Amazônica, começam a existir desníveis, corredeiras e cachoeiras, que proporcionam sítios favoráveis para aproveitamentos hidroelétricos. Nos pequenos cursos d’água, já existem algumas unidades de 100 a 10.000 kW, como em Rondônia, Roraima, “Cabeça do Cachorro” no Estado do Amazonas, no Amapá, Norte do Mato Grosso e no Pará. Essas usinas, quando projetadas respeitando as limitações do meio ambiente, podem contribuir para o desenvolvimento sustentável da Região.

Para planejar um aproveitamento hidroelétrico destinado ao suprimento de cargas isoladas da Amazônia rural, alguns passos são essenciais como estágios preparatórios à elaboração do projeto e à contratação da obra. Primeiro, verificar a definição adotada pela legislação para cada tipo de usina hidroelétrica. Em seguida, sempre que houver uma demanda de eletricidade não atendida, ou ela estiver sendo satisfeita por fonte fóssil, examinar se existe algum recurso hidráulico nas vizinhanças, e qual a energia disponível no curso d’água. Posteriormente, efetuar a escolha do tipo de turbina e da potência que atende melhor os requisitos estabelecidos. Na sequência, identificar como adequar a usina de geração às limitações ambientais. Por último, estimar qual o investimento necessário para concretizar o empreendimento.

Ressalta-se que, durante o planejamento de uma hidroelétrica, deve ser avaliada a quantidade

de sedimentos transportada pelo rio, especialmente durante as cheias. Se o silte for abrasivo, poderão ocorrer severos desgastes nos rotores das turbinas hidráulicas. Além disso, a deposição cumulativa de silte num reservatório acarreta no risco de redução da capacidade efetiva de armazenagem de água.

Classificação das Usinas Hidroelétricas

Conforme a legislação, os aproveitamentos hidroelétricos são classificados em três categorias, segundo a potência máxima que podem fornecer. São elas:

- Micro-Centrais Hidroelétricas (μ CH): potência até 100 kW;
- Mini-Centrais Hidroelétricas (MCH): potências acima de 100 kW e até 1.000 kW;
- Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCH): potências acima de 1 MW e até 30 MW.

Na legislação atual, as micro e mini-centrais hidroelétricas recebem tratamento simplificado, necessitando apenas de registro junto a Aneel. No entanto, ficam fora de usufruir de incentivos, tais como os benefícios da sub-rogação da CCC, ou de participarem do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (Proinfa), do MME.

As PCHs são regidas principalmente pela Lei nº 9.648, de maio de 1998, quando sua definição foi estendida até 30 MW, desde que o empreendimento tivesse características de PCH. Com a Resolução nº 394, de dezembro de 1998, a Aneel definiu que essa categoria incluía os empreendimentos cujos reservatórios fossem inferiores a 3 km². Atualmente, de acordo com a Resolução nº 652, de 2003, do mesmo órgão, essa área foi expandida para até 12 km², levando-se em conta uma relação entre a vazão e queda de projeto.

Com o passar do tempo, não somente o conceito de PCH mudou para se tornar adequado ao mercado, como aumentou o incentivo a esses empreendimentos. Por outro lado, a engenharia nacional continua subestimando a concepção das PCHs por considerá-las como aproveitamentos hidráulicos pouco impactantes em relação ao meio ambiente. Na verdade, tratam-se de recursos hídricos situados em áreas de grande diversidade biológica, nos quais o barramento dos rios tem alto risco ambiental, e pode acarretar em danos elevados aos ecossistemas locais.

Com relação à altura da queda, as centrais hidroelétricas recebem a seguinte classificação:

- acima de 200 metros, alta queda;

- de 20 a 200 metros, média queda;
- abaixo de 20 metros, baixa queda.

As centrais também se classificam quanto à capacidade de regularização do rio, sendo a seguinte a terminologia usada:

- centrais a fio d'água, quando a potência gerada depende do regime hidrológico, pois não existe armazenamento de água, ou ele é muito pequeno, e a energia firme está limitada à vazão mínima da época seca;
- centrais de acumulação, em que a vazão mínima do rio em determinadas épocas não atende a potência instalada, mas o armazenamento da água mantém a continuidade da geração

firme estipulada, devido a regularização, que pode ser diária, semanal, mensal ou anual.

Energia Disponível no Rio

No Brasil, a disponibilidade de potencial para PCHs e MCHs foi estimada em 14,8 GW, abarcando 2.989 unidades, de acordo com Amorim (2004). Na Amazônia, conforme a Tabela-3.1, a mesma estimativa indicou 4.307,2 MW distribuídos por 327 unidades. Elas estão situadas na parte mais remota da Bacia Amazônica, onde os rios apresentam desníveis acentuados. Os Estados do Acre, Amapá e Roraima têm menos sítios favoráveis, enquanto que Mato Grosso, Pará e Rondônia indicam números expressivos.

TABELA-3.1. POTENCIAL DE MCH E PCH, NA AML-BR, INVENTARIADO EM 2002.

Estado	Pot. Nominal [MW]	Quantidade [unidades]	Estado	Pot. Nominal [MW]	Quantidade [unidades]
Acre	53	4	Pará	483,9	35
Amazonas	366,25	22	Rondônia	442,31	38
Amapá	37	3	Roraima	37	2
Maranhão	275,4	30	Tocantins	252,8	22
Mato Grosso	1.445,45	84	Total	4.307,16	327

Fonte: Amorim (2004).

Para se obter a energia útil da água de um rio é necessário identificar a vazão e a queda disponível. Em seguida considerar as perdas por atrito nas tubulações e nas turbinas que fazem a queda disponível ser inferior ao desnível aparente. Quanto ao rendimento da transformação energética, ele, normalmente, varia entre 70 e 90%, sendo este último um valor possível de ser alcançado somente a plena carga.

A produção de energia em quilowatts-hora, que pode ser gerada, dependerá da quantidade total de água turbinada durante um determinado período multiplicado pela queda disponível. A identificação do valor desta energia ao longo do ano resultará dos levantamentos efetuados e das séries históricas em seguida calculadas, sempre maiores que 30 anos, e nos quais haverão de estarem identificados os períodos secos, mistos e chuvosos. As medições necessárias deverão ser realizadas em postos pluviométricos, selecionados adequadamente ao longo dos cursos d'água principais e de seus afluentes.

Caso os dados hidrológicos disponíveis sejam insuficientes, e existir urgência na realização do empreendimento hidroelétrico, será possível empregar aproximações das vazões esperadas por analogia com áreas vizinhas de captação, e das quais os dados estejam disponíveis. Nesse caso, devem ser aplica-

das algumas correções para as diferentes configurações de terrenos, geologia, vegetação e precipitação. Essas informações deverão ser utilizadas em fórmulas de recorrência, que relacionarão a precipitação com o escoamento em função da geologia local e da vegetação, sendo capazes de fornecer resultados bastante aceitáveis.

A capacidade disponível de uma turbina, P_d , representa a potência cedida ao seu eixo para fazê-lo girar, e pode ser calculada utilizando a Equação-3.1, em função da vazão Q em $[m^3 \cdot s^{-1}]$ de um rio, da sua queda disponível, ou efetiva nominal, H_n [m], e do rendimento η_{\max} da turbina.

$$P_d = 9,81 \cdot Q \cdot H_n \cdot \eta_{\max} \quad [kW] \quad (3.1)$$

A capacidade máxima efetiva do turbo-gerador, chamada de Potência Nominal, P_n , é obtida a partir de P_d , conforme indica a Equação-3.2, após considerar as perdas no gerador.

$$P_n = P_d - \text{Perdas no Gerador} \quad (3.2)$$

Outro elemento de definição das turbinas hidráulicas é a rotação específica N_s , cujo cálculo pode ser efetuado através da Equação-3.3, que especifica o

ponto de rendimento máximo do equipamento em função da vazão, e da rotação e queda nominais.

$$N_s = \frac{n_n \cdot Q^{0,5}}{H_n^{0,75}} \quad (3.3)$$

Tipos e Potências das Turbinas Hidráulicas

A turbina hidráulica transforma a energia contida no recurso hídrico em energia mecânica, a qual, por sua vez, movimenta o gerador elétrico. Elas representam o principal componente de definição da usina hidroelétrica e são classificadas como de ação ou de reação, conforme seu princípio hidrodinâmico de funcionamento.

Na realidade, não existem turbinas puramente de reação, porque parte da energia sempre será transferida por ação na forma de choque da água com as pás dos rotores. Mesmo assim, as turbinas hidráulicas são classificadas conforme os dois princípios de funcionamento acima citados:

- turbinas de ação ou impulsão, cujos rotores trabalham à pressão atmosférica, e a potência mecânica surge com a variação da velocidade da água pela ação das pás; elas podem ser do tipo roda de Pelton ou turbina Michell-Banki;
- turbinas de reação, que utilizam a variação da magnitude da velocidade da água para exercer uma força sobre as pás; nesse caso, os rotores trabalham com pressões inferiores à pressão atmosférica; elas podem ser do tipo Francis, ou do tipo Hélice com pás fixas, ou ainda de passo variável como a Kaplan.

As turbinas Pelton, especificadas na Tabela-3.2, são essencialmente de ação, e seu movimento resulta do impacto de jatos d'água nas pás do rotor. O rendimento η_{\max} é geralmente elevado, atingindo facilmente mais de 90% e variando pouco com a carga. A Figura-3.1, mostra o pequeno número de componentes desse tipo de turbina, que está limitado ao rotor, ao bico injetor e a respectiva tubulação.

TABELA-3.2. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS TURBINAS HIDRÁULICAS DE AÇÃO

Nome	Rotação Específica Ns		Vazão Q [m ³ /s]	Queda H [m]	Potência [kW]	η_{\max}
	Nº jatos	Ns				
Pelton	1	30	0,05 a 50	30 a 1800	0,1 a 300.000	70 a 91
	2	30-50				
	4	40-60				
	6	50-70				
Michell-Banki	40 a 160		0,025 a 5	1 a 200	1 a 750	65 a 82

Fonte: *Tiago Filho (2004)*.

A turbina Michell-Banki, conforme a Tabela-3.2, é de uma classe intermediária, entre a roda de Pelton e a turbina Francis. Ela é dividida em dois compartimentos a 1/3 da extensão do rotor, sendo alimentada por um injetor periférico. A água golpeia o rotor duas vezes, primeiro para dentro e então para fora, e é descarregada pelo lado

oposto. Deste modo, o fluxo é usado em terços, o que permite trabalhar numa ampla faixa de vazão sem variação excessiva do rendimento. São turbinas, como da Figura-3.2, que podem ser instaladas em quedas entre 1 a 200 metros de altura, e com vazões de 25 litros e 5 m³/s, com rendimento médio em torno de 70%.



Figura-3.1. Turbina Pelton de um jato.
Fonte: UCM (2004).

As turbinas Francis, descritas na Tabela-3.3, funcionam pelo princípio da reação, sendo classicamente utilizadas nas grandes usinas hidroelétricas, com o eixo na vertical e a caixa em espiral. Nas usinas menores, o eixo assume a posição horizontal, por facilidade de instalação

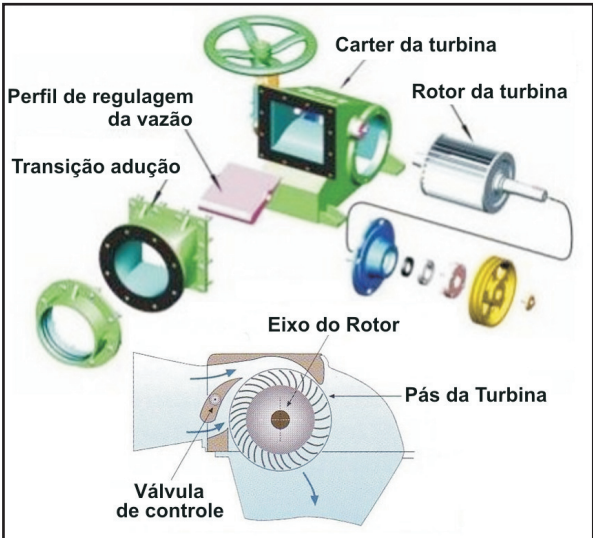


Figura-3.2. Turbina Michell-Banki.
Fonte: Bettarello (2004).

e manutenção do gerador. Elas também se aplicam aos aproveitamentos pequenos, com quedas inferiores a 10 metros, que têm a caixa aberta, como na Figura-3.3, nos quais os geradores ficam superpostos e localizados acima do nível máximo da água a jusante.

TABELA-3.3. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS TURBINAS HIDRÁULICAS DE AÇÃO

Nome	Rotação Específica Ns		Vazão Q [m3/s]	Queda H [m]	Potência [kW]	$\eta_{m\acute{a}x}$
	Tipo	Ns				
Francis	Lenta	60-170	0,05 a 680	2 a 750	1 a 750.000	80 a 93
	Normal	150-250				
	rápida	250-400				
Bomba Funcionando Como Turbina - BFT		30 a 170	0,05 a 0,25	10 a 250	5 a 500	65 a 80
Hélice						
Kaplan		300 a 800	0,8 a 1000	5 a 80	2 a 200.000	88 a 93
Bulbo			1 a 600	2 a 30	25 a 100.000	90 a 93

Fonte: Tiago Filho (2004).

Outra opção, mencionada na Tabela-3.3, para obter energia elétrica de origem hidráulica pelo princípio da reação reside na utilização de bomba d'água centrífuga funcionando como turbina (BFT), conforme apresenta a Figura-3.4. Seu

rendimento é o mesmo da bomba comum, porém sendo um pouco menor que o das turbinas tradicionais, mas o equipamento tem custo reduzido, e pode ser empregado para micro-usinas com potências inferiores a 50 kW.

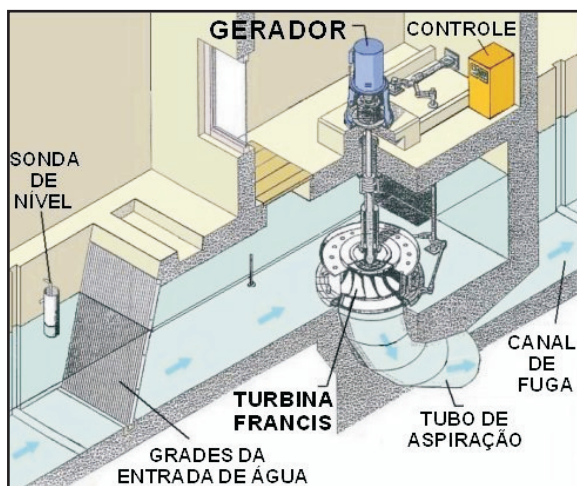


Figura-3.3. Turbina Francis.
Fonte: Lawrence (2006).

As turbinas de Hélice, de reação, também são chamadas de turbinas propulsoras, de pás fixas, cujos parâmetros constam da Tabela-3.3, e está exemplificada na Figura-3.5. Elas são normalmente aplicáveis para altas vazões e baixas



Figura-3.5. Turbina hélice.
Fonte: UCM (2004).

A turbina do tipo Kaplan, descrita na Tabela-3.3, e vista na Figura-3.6, é utilizada em usinas de maior porte. Ela, também, é constituída por uma hélice, porém incorpora a variação do ângulo das pás, que melhora a eficiência do sistema, quando ocorre variação da potência requerida durante o funcionamento. Em razão da regulagem das pás, seu funcionamento é mais complexo, sendo adequada para instalações de maior porte.

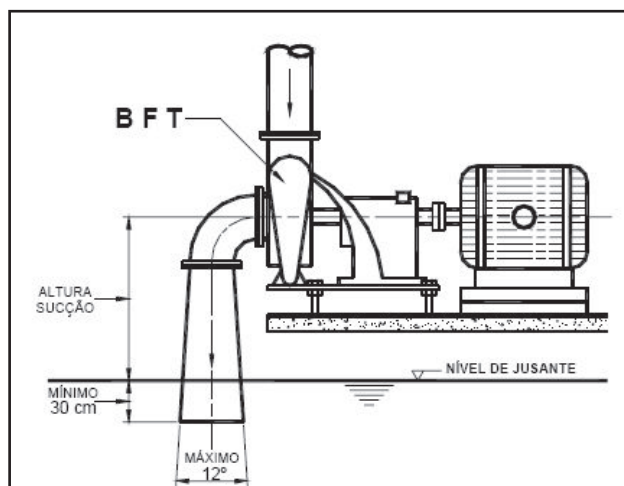


Figura-3.4. Bomba como turbina.
Fonte: Souza & Viana (1983).

quedas entre 5 a 80 metros, contudo a partir de 18 metros de desnível passa a ser recomendável o uso da turbina Francis. As capacidades mais comuns da turbina do tipo hélice estão entre 2 e 200.000 kW.

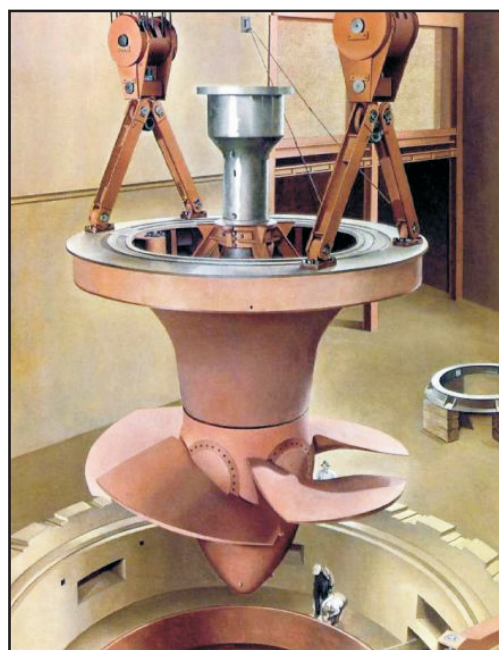


Figura-3.6. Turbina Kaplan.
Fonte: Lawrence (2006).

Para as usinas de baixa queda foi criada uma turbina do tipo bulbo, de reação, semelhante ao tipo Kaplan, porém compacta e de baixo custo. Suas características básicas constam da Tabela-3.3. Ela é uma máquina de fluxo axial, diretamente acoplada a um alternador instalado no interior de uma câmara impermeável, cujo conjunto permanece submerso, conforme Figura-3.7, sendo encontradas para velocidades reais que variam entre 150 e 500 rpm.

Este tipo de turbina foi desenvolvido para a usina maré motriz de La Rance, situada na França, vista na Figura-3.7, e inaugurada em 1966. Posteriormente, o projeto básico foi adaptado para instalações de pequena escala. Atualmente, são encontradas unidades bulbo de reduzida capacidade, capazes de operarem sob quedas entre 2 a 15 metros, e produzirem de 50 a 500 kW. Essas turbinas de bulbo são adequadas para os rios da Amazônia, que percorrem áreas de relevo pouco acentuado.

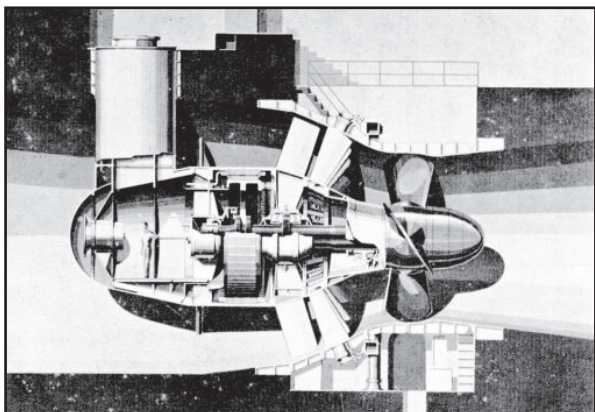


Figura-3.7. Turbina de bulbo.

Fonte: La Rance (1981).

A turbina hidrocinética é uma variante do tipo hélice, porém de tamanho menor, que funciona submersa no fluxo d'água, sem necessitar de grandes



Figura-3.8. Turbina hidrocinética de eixo horizontal, de 1,8 kW, da UnB.

Fonte: Van Els (2004).

Outra dessas turbinas hidrocinéticas está sendo testada no Estado do Amapá através do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, que financia o projeto de nº 08 intitulado “Energia Hidrocinética Renovável para a Reserva do Rio Maracá”. O trabalho é coordenado pelos Professores Antonio Cesar Pinho Brasil e Rudi Henri Van Els, do Departamento de Engenharia Mecânica, da UnB, e recebe recursos do Fumin/BID (Van Els, 2006).

estruturas. Na sua concepção mais simples, ela pode ser mantida no local por flutuadores ancorados. Essas turbinas representam uma evolução da roda d'água, melhorando a eficiência do aproveitamento da energia cinética da água, contudo mantendo as mesmas características de simplicidade e baixo custo.

Existem turbinas hidrocinéticas de eixo vertical e perpendicular em relação ao fluxo da água, e turbinas de eixo horizontal, ou axial, e alinhado ao fluxo da água. As turbinas de eixo vertical são preferidas quando o curso d'água muda de direção com o tempo, como no caso de sistemas de recuperação da energia do fluxo das marés (Darrieux, 1931; Gorlov, 2000).

As turbinas hidrocinéticas de eixo horizontal aproveitam a energia das corredeiras de água com velocidades entre 1,5 a 2 m/s, e o tamanho varia de 0,80 a 2 metros de diâmetro. A Figura-3.8 mostra uma máquina desse tipo, com diâmetro de 1,2 metros, capaz de fornecer 1,8 kW com velocidade da água de 2 m/s, que foi projetada e construída no Laboratório de Energia e Ambiente do Departamento de Engenharia Mecânica da UnB, e instalada no município de Correntina no Oeste da Bahia. Sua estrutura de sustentação, em forma de guindaste, permite retirar com facilidade a turbina da água para manutenção e limpeza (Van Els, Campos & Salomon, 2004).



No caso dos rios da Amazônia Ocidental, a capacidade das unidades hidrocinéticas dificilmente pode superar 2 kW de potência, por causa da baixa velocidade da água, que na maior parte dos sítios varia entre 0,6 a 1,5 m/s, ou 2,2 a 5,4 km/h (Souza, 1999). Um exemplo representativo ocorre no alto rio Juruá, no Estado do Acre, em que mesmo no meio do rio a velocidade da água raramente ultrapassa 5 km/h. Ali, uma hidrocinética com dois

metros de diâmetro teria a potência máxima de somente 1,3 kW.

Embora uma turbina hidrocínética seja capaz de alimentar até três casas isoladas, sempre existe a problemática ocasionada pelo período com pouco volume de água nos rios, que, certamente, provocará a interrupção do funcionamento deste tipo de aproveitamento hidráulico durante uma parte do ano, quando a profundidade permanece inferior a 2 metros. Cabe ainda considerar que, quando a água diminui, o local de maior profundidade deve ficar livre para permitir o tráfego das embarcações, e estará indisponível para o uso hidrocínético (Di Lascio, 2005a). Por outro lado, no

período em que a água sobe, a quantidade de troncos carregada pelo rio é significativa, e trará problemas na operação do sistema.

Após ter sido realizada a identificação dos tipos de turbinas hidráulicas que podem atender a potência requerida, a partir da queda e da vazão disponíveis, faz-se a escolha final considerando o rendimento de cada uma delas em função da característica da demanda. A Figura-3.9 apresenta os desempenhos de algumas turbinas, possibilitando, por exemplo, observar que entre os tipos Hélice e Michell-Banki, ambos adequados para baixas quedas, esta última proporciona um rendimento superior quando o regime de funcionamento varia muito, que é o caso da carga de pequenos vilarejos isolados.

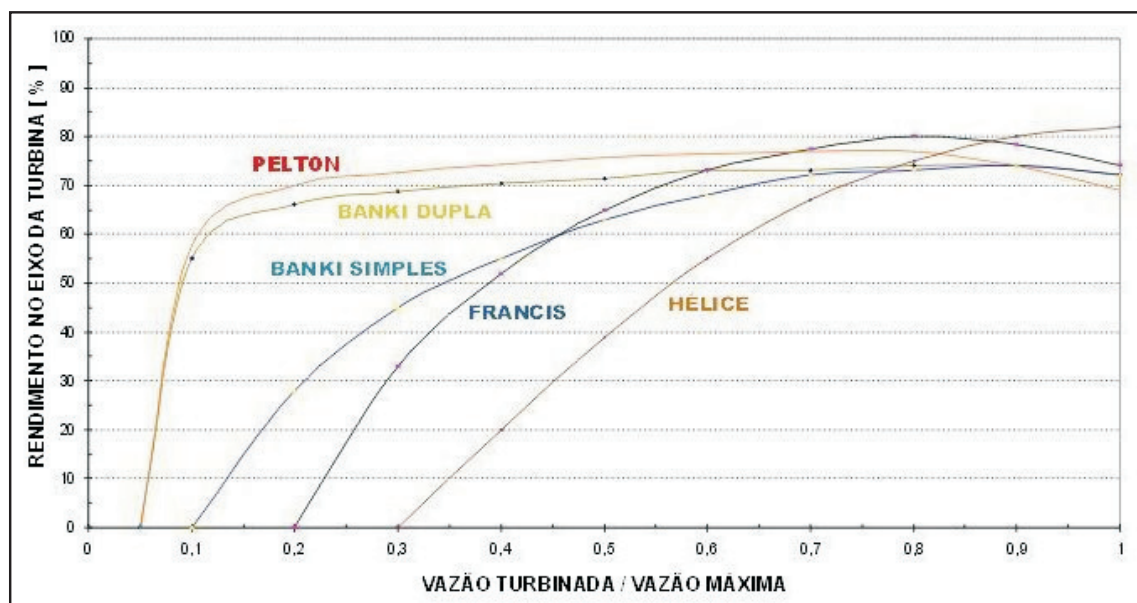


Figura-3.9. Curvas características de turbinas hidráulicas.

Fonte: Bettarello (2004).

Adequação Ambiental dos Aproveitamentos Hidroelétricos

Uma barragem é um obstáculo interposto no leito natural do rio e constitui um fator de desequilíbrio no meio ambiente. O benefício da regularização do caudal é freqüentemente anulado, e mesmo excedido, pelos danos provocados à agricultura, por causa da ausência das vantagens resultantes das inundações periódicas. Um exemplo clássico desta situação é dado pelo Vale do Nilo, onde, antes da existência da barragem de Assuam, as enchentes anuais lavavam o solo reduzindo a salinidade, e depositavam grande quantidade de sedimentos de natureza orgânica. Como resultado da regularização do nível do rio, ocorreu o aumento da salinidade do solo e a redução da sua fertilidade, tornando necessário o aumento dos insumos agrícolas para

manter a produtividade. Além disso, a falta dos sedimentos nutritivos, que antes alcançavam o mar Mediterrâneo, e abasteciam a cadeia alimentar das sardinhas, resultou na redução da quantidade pescada na área de 18.000 para 500 toneladas por ano. Ainda, como decorrência da barragem de Assuam, a incidência de esquistossomose aumentou, pois o parasita causador da doença tem como hospedeiro intermediário um caramujo, o *Biomphalaria Glabrata*, cuja multiplicação foi facilitada pela existência do lago e dos canais de irrigação.

Na área inundada, quase sempre, ocorrem problemas sociais, que aumentam juntamente com a área do reservatório, em razão da necessidade de realocação de populações atingidas. Após o fechamento da barragem e o enchimento do lago, o efeito mais comum é a formação de gases que contribuem para o efeito estufa, com destaque para o metano originado

na fermentação anaeróbica da matéria vegetal submersa. Outros efeitos negativos das barragens são: o aumento da acidez da água, a queda do oxigênio livre em suspensão e a redução no ciclo biológico do rio.

Na Amazônia, a baixa declividade das bacias acarreta em áreas inundadas muito grandes. As águas mais calmas dos reservatórios e as condições climáticas favorecem a proliferação de insetos, provocando focos de doenças como malária, amebiose, cólera, hepatite, entre outras. Essa situação é ainda mais preocupante por causa das condições sanitárias muito precárias, que incluem a quase total inexistência de tratamento de água. Acrescente-se a estes fatores os poucos recursos médicos e hospitalares locais, a existência de inúmeras pequenas comunidades isoladas e de difícil acesso, os problemas de transporte, etc.

Os maiores danos provocados pelas barragens ocorrem no ecossistema aquático, e em especial na sua fauna, devido à extinção de espécies causadas pelas mudanças no meio ambiente, que afetam as capacidades de reprodução e de sobrevivência. Um desses fenômenos é a migração para o ritual do acasalamen-

to e da desova, que ocorre com mais frequência nos rios sem grandes cachoeiras. Assim, para preservar a diversidade biológica dos rios, uma parte do fluxo d'água não deve passar pelas turbinas, e continuar no seu leito natural, ou por algum tipo de caminho alternativo, com características semelhantes ao sistema original, de modo a manter o trânsito das espécies aquáticas (Di Lascio, 1996a; Di Lascio et alii, 1993; e Di Lascio & Vasconcellos, 1990 e 1995).

Um exemplo da manutenção do trânsito das espécies aquáticas acontece no rio Colúmbia, no Noroeste dos Estados Unidos, onde, desde 1938, de modo pioneiro, os planejadores dos aproveitamentos da bacia construíram, juntamente com as hidroelétricas, facilidades para permitir o trânsito de peixes através das barragens, e assim impediram o desaparecimento do salmão existente naqueles rios. Os esquemas vistos na Figura-3.10 representam as facilidades utilizadas naquelas instalações, formadas por escadas e dotadas de obstáculos, para permitir o descanso dos peixes durante a subida. Mesmo assim, cerca de 20% da população morre nas turbinas, mas essa perda é bem suportada pelo ecossistema.

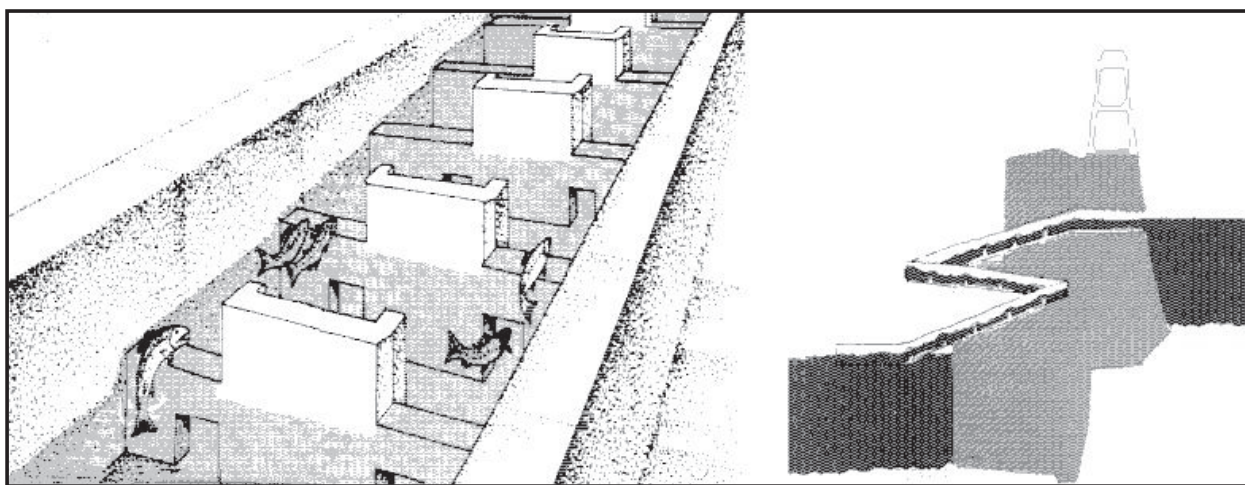


Figura-3.10. Representação esquemática das escadas para migração de peixes nas usinas hidroelétricas do Rio Columbia no Noroeste dos EUA.

Fonte: Banco Mundial (1991).

Essa questão foi tratada de modo bastante claro pelo Banco Mundial em publicação de 1991, quando analisou os pequenos aproveitamentos hidroelétricos destinados à Amazônia. Foram então especificados os projetos de dois tipos de empreendimentos, que dependem da relação entre a solicitação energética e a potência capaz de ser fornecida pelo recurso hídrico (Banco Mundial, 1991).

No caso da capacidade geradora local ser muito inferior à potência requerida, e o desnível for acentuado, o Banco Mundial (BM) recomenda passar uma parte do fluxo da água por um canal de desvio e tubulação forçada, conforme os esquemas

apresentados na Figura-3.11. Nesse tipo de procedimento, uma parte do caudal continua percorrendo o leito original e preservando o caminho das espécies. Entretanto, somente este artifício não será suficiente para evitar que a fauna seja atraída pelo ruído das turbinas, que pode ser confundido com uma corredeira, e venha a morrer tentando ultrapassá-las. Por esse motivo, próximo à casa de força, será necessário construir uma pequena escada para simular o encontro de uma corrente com as pedras, cujo ruído e o aumento da oxigenação da água chamam a atenção dos peixes e de outros seres aquáticos para o caminho que permite subir o rio com segurança.



Figura-3.11. Pequena usina hidroelétrica com desvio parcial do rio.

Fonte: Adaptado a partir de esquema do Banco Mundial (1991).

Para os empreendimentos que vão requerer toda a disponibilidade energética do sítio, a mesma publicação do Banco Mundial indicou a construção de barragens abarcando a totalidade do rio, porém

dotadas de escadas para peixes, como vista na Figura-3.12. Aqui, repete-se a necessidade da construção de uma segunda escada próxima à casa de força, para que a atenção da fauna seja desviada das turbinas.

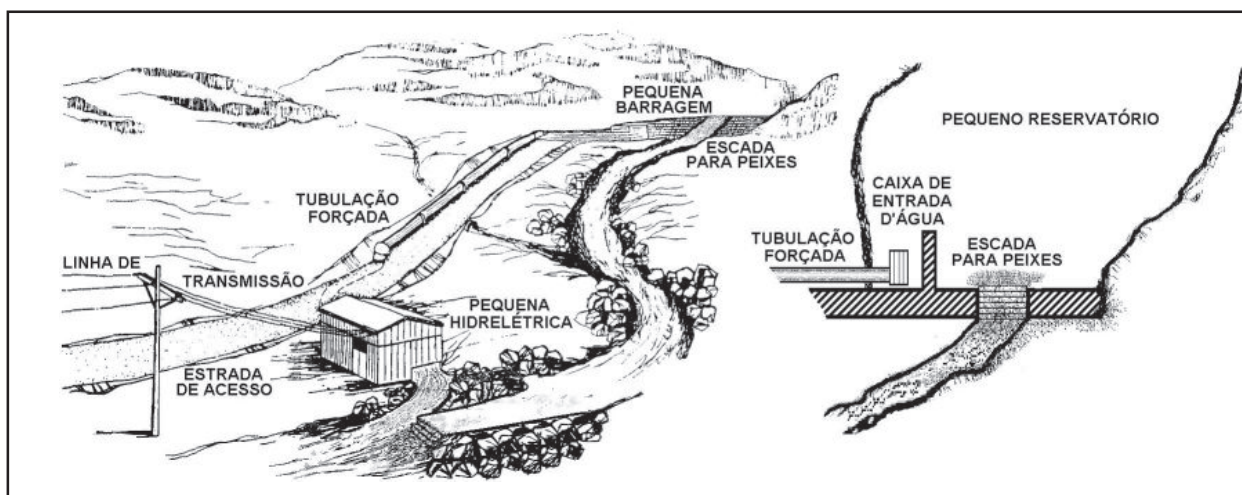


Figura-3.12. Pequena usina hidroelétrica com pequeno reservatório.

Fonte: Adaptado a partir de esquema do Banco Mundial (1991).

Outros aspectos importantes a serem considerados no projeto de uma pequena usina hidroelétrica são: a preservação da fauna e da flora das margens do recurso hídrico, a qualidade da água do reservatório, o contexto social das populações envolvidas, entre outras. Por essa razão, é salutar a incorporação de outros especialistas na equipe para ampliar a visão do planejamento da barragem, e, desse modo, proporcionar a inclusão de medidas, às vezes até de aparência insignificante, porém capazes de diminuir consideravelmente os impactos negativos de abordagens unilaterais.

Investimentos para μ CH, MCH e PCH

Geralmente, as indústrias de equipamentos eletro-mecânicos de hidroelétricas integram tecnologia eletrônica de empresas estrangeiras, e estão

capacitadas a fabricar turbinas com potência acima de 5 MW. Para as unidades menores, com até 5 MW de potência, a tecnologia é nacional e os custos são relativamente baixos. Como são pequenas, boa parte das obras envolvidas são simples, e podem ser efetuadas por contratantes locais, reduzindo os problemas com o aumento pontual de trabalhadores durante a construção.

Segundo indica o Prof. Geraldo Tiago Filho (2004), os empreendimentos de PCHs no Brasil representam um custo médio de 1.033 US\$/kW, com um desvio de ± 217 US\$/kW. No caso da Amazônia, devido às dificuldades de transporte, essas pequenas hidroelétricas podem requerer investimentos proporcionalmente significativos. Seus valores unitários médios aparecem distribuídos na Tabela-3.4, na qual, em cada item estão inclusos 15% de custos eventuais.

TABELA-3.4. DISTRIBUIÇÃO DOS CUSTOS UNITÁRIOS MÉDIOS DE UMA PCH.

Custos Unitários médios	US\$/kW	%
Obras civis e componentes hidromecânicos	434	42
Componentes eletromecânicos, acessórios e linhas de transmissão	310	30
Equipamentos diversos	21	2
Custos indiretos	175	17
Custos financeiros	93	9
Custos Totais	1.033	100

Fonte: Tiago Filho (2004).

As turbinas Michell-banki representam uma opção de baixo custo de implantação, conforme Bettarello (2004), que para efeito de cálculo rápido gira valores entre 1.000,00 a 1.200,00 US\$/kW instalado. O valor unitário efetivo é um pouco superior, pois o rendimento fica em torno de 70%, e se situa abaixo do nível encontrado em turbinas maiores. Ainda de acordo com o mesmo autor, o custo de implantação de uma Micro-Central Hidroelétrica dotada de turbina do tipo Michell-Banki, é inversamente proporcional à carga hidráulica e as dificuldades de acesso ao local de implantação da obra. Em geral esses gastos obedecem a seguinte distribuição: equipamentos eletromecânicos, 55%; obras civis de implantação, 40%; e custo financeiro, 5%.

Como exemplo de uma μ CH com turbina Michell-Banki, Bettarello (op. cit.) descreve um empreendimento de 20 kW, com uma carga hidráulica de seis metros. A obra situou-se em local de acesso fácil e o custo da transmissão não está incluído. O investimento ficou assim distribuído: as obras civis (caixa de captação e casa de força), R\$ 15.000,00; o conduto forçado metálico (diâmetro 550 mm, com-

primento 30m), R\$ 8.000,00; e o conjunto formado pela turbina hidráulica e seu respectivo gerador, R\$ 40.000,00. Somando um valor total de R\$ 63.000,00, ou R\$ 3.150,00 por quilowatt instalado.

As turbinas “Idalma” são parecidas ao tipo Francis, e representam uma escolha de equipamento com custo inferior às opções tradicionais. O modelo visto na Figura-3.13 está sendo avaliado pelo projeto nº 06 “Modelo Energético Sustentável Envolvendo Organizações de Bases Comunitária na Cachoeira do Aruã”, do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, com apoio do Fumin/BID (Viana, 2007). Elas têm capa tipo caracol, na forma de V, rotor duplo com 12 palhetas, com grau diferenciado e controle simplificado com válvula borboleta na entrada. O rendimento gira em torno de 50%, e são projetadas e construídas em Santarém, no Pará. O sítio da cachoeira do Aruã apresenta um desnível de apenas seis metros, conforme sugere a Figura 3-14, e a potência fornecida pelo sistema alcança 50 kW. A quantidade de água disponível é superior ao volume necessário para atender a demanda e o impacto ecológico é mínimo.



Figura-3.13. Turbina Idalma.
Fonte: Viana (2007).



Figura-3.14. Trecho do rio Aruã, PA.
Fonte: ibidem.

Inicialmente, o mercado a ser atendido pelo aproveitamento do rio Aruá é constituído por 50 domicílios, somada carga residencial e produtiva. O investimento total foi de R\$ 332.238,68, sendo 79% referente ao sistema de geração e 21% à rede de distribuição (Barreto, 2007a). O custo do quilowatt instalado resultou próximo de R\$ 6.500,00, sendo R\$ 5.200,00 para a geração. O projeto é coordenado pelo Professor Augusto Nelson Carvalho Viana da Universidade Federal de Itajubá (Unifei).

ENERGIA EÓLICA

O uso da energia eólica na Amazônia está limitado a alguns poucos sítios, quase todos situados em uma estreita faixa junto ao litoral. Ali, a demanda por eletricidade tem origem em pequenos vilarejos isolados, sendo a maioria localizado em ilhas perto da costa.

Esta seção inicia analisando a oportunidade da energia eólica e a incidência dos ventos na Amazônia. Na continuação são apresentados alguns tipos e tamanhos de turbinas eólicas, em que se observa a necessidade de complementar à energia produzida com algum sistema de apoio híbrido. Em seguida, estuda-se o impacto ambiental e os cuidados a serem observados. Por último, define-se o custo das novas instalações.

Avaliação da Oportunidade da Energia Eólica

Para estimar a produção média anual de eletricidade de qualquer turbina eólica instalada em um local considerado, utiliza-se a velocidade do vento e a densidade de energia. Somente os locais com intensidades médias anuais de velocidade do vento superiores a 6 m/s são considerados como adequados para a implantação de turbinas eólicas de médio e grande porte (AWEA, 2006).

No caso das pequenas turbinas, as velocidades médias anuais de vento maiores que 4 m/s são aceitáveis. Nesses sítios menos favorecidos, com velocidades médias anuais na faixa de 3,5 a 6 m/s, podem ser utilizados cata-ventos, que têm baixa eficiência, mas seu uso para bombeamento de água é bastante satisfatório porque eles funcionam com pouco vento, entre 1,4 e 6 m/s, o custo de aquisição é reduzido e a manutenção muito simples.

Destaca-se que o aquecimento não uniforme da superfície terrestre resulta em variações sazonais no

regime dos ventos. Como a potência fornecida pela turbina inclui uma relação cúbica com a velocidade do vento, então, uma pequena variação na velocidade implica numa grande diferença da energia elétrica produzida. Por esse motivo, indica-se a utilização de médias sazonais, ao invés de médias anuais que podem levar a obtenção de resultados teóricos fora da realidade local. Quando a incidência dos ventos for insuficiente para suprir a demanda, a complementação energética pode ser efetuada por baterias, ou por algum outro tipo de geração.

No âmbito da legislação, os aproveitamentos eólicos acompanham grande parte dos critérios estabelecidos para as usinas hidroelétricas de pequeno porte. A Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, que determina as normas para outorga, prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos, igualmente, rege os empreendimentos eólicos. Do mesmo modo, a sub-rogação da CCC-Isol para as energias renováveis é consolidada na Resolução Normativa nº 146, de 14 de fevereiro de 2005, e reembolsa 75% dos investimentos com geradores eólicos.

A decisão sobre a implantação de um aproveitamento eólico deve resultar de um estudo de viabilidade, que requer, obrigatoriamente, o conhecimento prévio do regime dos ventos. As medições no local do aproveitamento devem ser feitas por pelo menos dois anos, sendo aceitável um ano, desde que informações complementares sobre o regime de vento na área sejam conhecidas.

Incidência de Ventos na Amazônia

As distribuições anuais de velocidade média do vento a uma altura de 50 metros do solo, para a região Norte do Brasil são apresentadas pelo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro conforme visto na Figura-3.15 (Eletrobrás, 2001b). Por meio dele se constata que a pequena velocidade do vento torna inadequada a implantação de turbinas eólicas na maior parte da Amazônia. Na sua parte Ocidental e Central, a oeste da longitude 55° W, as velocidades médias anuais são inferiores a 4,0 m/s. Ali o escoamento predominante tem sentido leste-oeste, e sua intensidade é bastante reduzida pelo atrito da superfície associado à longa trajetória sobre florestas densas. Outros fenômenos, que também contribuem para essa redução da velocidade dos ventos, são os fracos gradientes de pressão associados à zona difusa de baixas pressões centrada nessa região da Bacia Amazônica. Apenas no extremo norte dessa parte Central, na região da Serra Pacaraima, em Roraima, ao longo da fronteira Brasil-Venezuela, acontece uma área isolada de altas velocidades médias anuais, decorrente de ventos intensos que atravessam a Amazônia entre 1.000 e 2.000 metros de altitude.

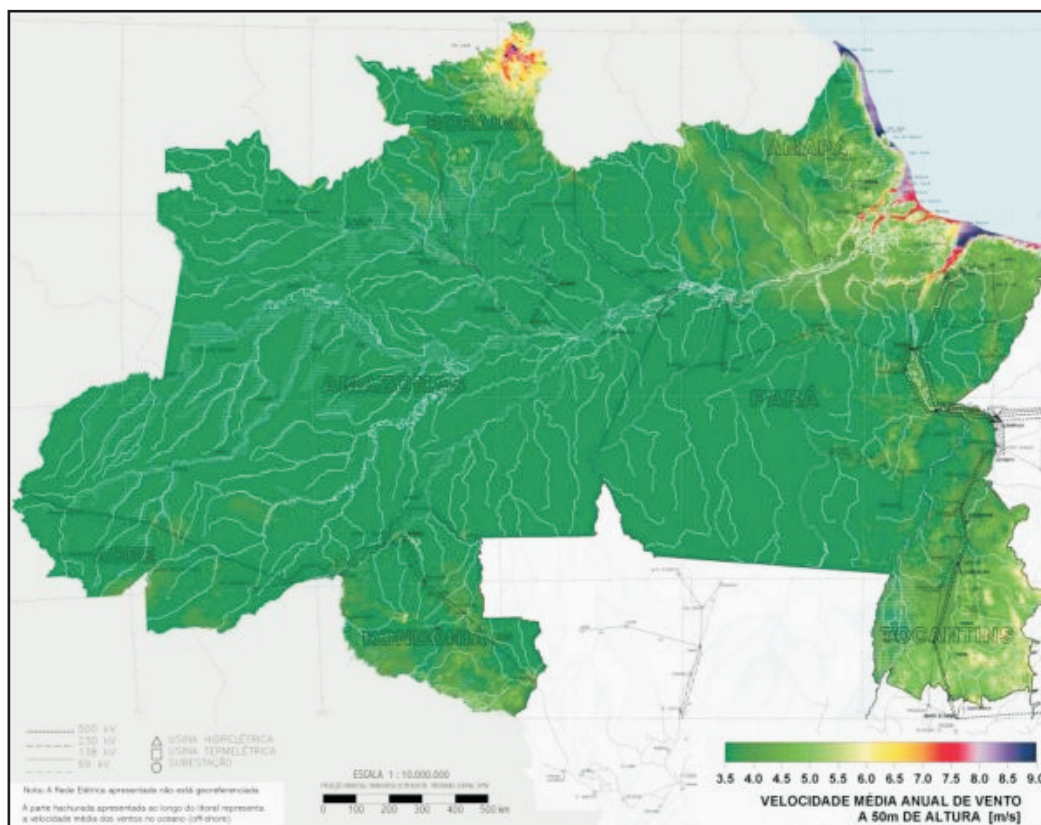


Figura-3.15. Velocidade média anual do vento no Norte do Brasil a 50m de altura.

Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, Eletrobrás (2001b).

Na Amazônia Oriental, a partir da longitude 55° W até 100 km do litoral, como mostra a Figura-3.15, prevalece a mesma situação de pouco vento a 50 metros de altura. Essa ocorrência é causada pela proximidade de fracos gradientes de pressão associados à presença da Depressão Equatorial, e ao elevado atrito de superfície motivado pela densa vegetação. A Figura-3.15 ainda indica que na Zona Litorânea da Amazônia, definida como a faixa costeira com cerca de 100 km de largura, predominam tanto os ventos alísios de leste como as brisas terrestres e marinhas. Em consequência, essa faixa litorânea tem uma característica favorável à exploração da energia eólica, com a presença de ventos médios anuais entre 5 a 7,5 m/s, e intensidades superiores, entre 7,5 a 9 m/s em vários locais.

Nos sistemas eólicos, o fator de capacidade reflete a qualidade do regime dos ventos, e significa a razão da energia elétrica média gerada em um período de tempo que seria produzida se a turbina eólica operasse com sua potência nominal durante todo esse mesmo período. No caso da Amazônia, o fator de capacidade é baixo sendo de apenas 0,20 (Eletrobrás, 2001b). Por outro lado, a pequena velocidade dos ventos na maior parte da Região, com somente 4 m/s de média anual, e portanto inadequada para turbinas eólicas, não impede o uso de cata-ventos,

que mesmo funcionando poucas horas por dia, ainda são muito úteis nos locais isolados.

Tipos e Tamanhos de Turbinas Eólicas

As primeiras turbinas eólicas que foram desenvolvidas em escala comercial tinham potências nominais entre 10 kW e 50 kW. No início da década de 1990, a potência das máquinas aumentou para a faixa de 100 kW a 300 kW. Em 1995, a maioria dos fabricantes de grandes turbinas oferecia modelos de 300 kW a 750 kW. Em 1997, ocorreu a introdução comercial de unidades com potências de 1 MW a 1,5 MW, iniciando a geração de máquinas de grande porte.

Em relação ao tamanho, as turbinas eólicas podem ser classificadas como:

- pequenas com potência nominal menor que 500 kW;
- médias com potência nominal entre 500 e 1.000 kW;
- grandes nas quais a potência nominal é maior que 1 MW.

Os sistemas eólicos somente começam a funcionar a partir de certa velocidade, chamada de

velocidade de entrada, a qual é necessária para vencer as perdas do estado estacionário. A velocidade de rotação do rotor varia com a velocidade do vento. O rendimento máximo ocorre a uma dada velocidade do vento, chamada de velocidade nominal, sendo menor para velocidades diferentes desta. Quando o sistema atinge a velocidade máxima, chamada velocidade de corte, um mecanismo de proteção é acionado para evitar danos ao rotor e à estrutura.

As turbinas eólicas de médio porte começam a gerar eletricidade com velocidades de vento de 3 a 5,6 m/s, e atingem a rotação máxima na faixa de 5,6 a 8,3 m/s. A potência nominal de geração de eletricidade está especificada para valores situados de 8,3 a 11,1 m/s. Quando a velocidade do vento alcança intensidades entre 16,6 e 25 m/s, dependendo do modelo, os aerogeradores são retirados de operação para evitar danos aos componentes.

Na Amazônia, para o atendimento energético de comunidades isoladas são requeridos aerogeradores de pequeno porte, com capacidades entre 0,3 a 100 kW. Entretanto, apenas em alguns poucos sítios, quase todos no litoral, a velocidade anual média do vento de 4 m/s (14,4 km/h) torna viável a implantação desses equipamentos.

A tecnologia atual de geração eólica de energia elétrica é hoje essencialmente voltada para turbinas de eixo horizontal, de velocidade constante e com um gerador de indução. São unidades com três pás, alinhamento ativo e estrutura não flexível. As turbinas com controle de passo são mais eficientes porque se adaptam melhor às diferentes condições de vento.

O rendimento global do sistema eólico relaciona a potência disponível do vento com a potência final que é entregue pelo sistema. Os rotores eólicos extraem a energia do vento e reduzem sua velocidade. Deste modo, a velocidade do vento frontal ao

rotor, onde ainda não existe perturbação no fluxo, é maior do que a velocidade do vento atrás do rotor, após ter passado pela turbina. Uma redução muito grande da velocidade do vento faz o ar circular em volta do rotor, ao invés de passar através dele.

A extração máxima da energia do vento se verifica para uma velocidade na esteira do rotor igual a 1/3 da velocidade frontal não perturbada. Em condições ideais, o valor máximo da energia captada por um rotor eólico é limitado pela eficiência de Betz, a qual significa um fator 16/27 ou 0,593. Em outras palavras, 59,3% da energia contida no fluxo de ar podem ser teoricamente extraídas por uma turbina eólica. Na prática, entretanto, o rendimento aerodinâmico das pás reduz bastante esse valor. Para um sistema eólico, existem ainda outras perdas, relacionadas com o rotor, a transmissão, a caixa multiplicadora, o gerador e outros componentes. Além disso, o fato do rotor eólico funcionar em uma faixa limitada de velocidade de vento, também irá contribuir para reduzir a energia por ele captada. Como uma primeira aproximação, o rendimento global real de um sistema eólico pode ser estimado em torno de 20%.

Merece destaque a pesquisa realizada pelo Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (Gedae), da Universidade Federal do Pará (UFPA), que vem projetando e construindo turbinas com a configuração das pás mais adequada às baixas intensidades de vento do litoral da Amazônia. O aerogerador de 15 kW, apresentado na Figura-3.16, foi construído na UFPA e instalado na comunidade de Praia Grande no litoral do Estado do Pará. Seu desenvolvimento, para velocidades nominais do vento entre 6 a 8 m/s, foi motivado porque os equipamentos importados, invariavelmente, apresentam condições de operação para ventos da ordem de 10 m/s, os quais não são frequentes nesta região.



Figura-3.16. Turbina de 15 kW do sistema eólico de Praia Grande, PA.
Fonte: Vale (2000).

Definição dos Esquemas de Atendimento

Quando se utilizam turbinas eólicas para o atendimento de sistemas isolados, alguma forma de armazenamento ou de geração alternativa de energia se faz necessária para adaptar o comportamento aleatório de produção de energia ao perfil de consumo. No caso das cargas menores, onde não cabe a implantação de mini-rede, recomenda-se o uso de baterias para guardar o excesso de energia gerada durante os períodos com mais intensidade de vento, e depois usá-la durante as calmarias.

A configuração apresentada na Figura-3.17 é típica de sistemas eólicos para o atendimento de cargas isoladas muito pequenas, nos quais um aerogerador converte a energia do vento em eletricidade e carrega um banco de baterias. Nesse caso, a geração eólica é a única fonte de energia, e a tensão em corrente-contínua é convertida para corrente-alternada por um inversor estático. Completando o sistema isolado, a alimentação da carga é efetuada por uma minirrede de energia elétrica.

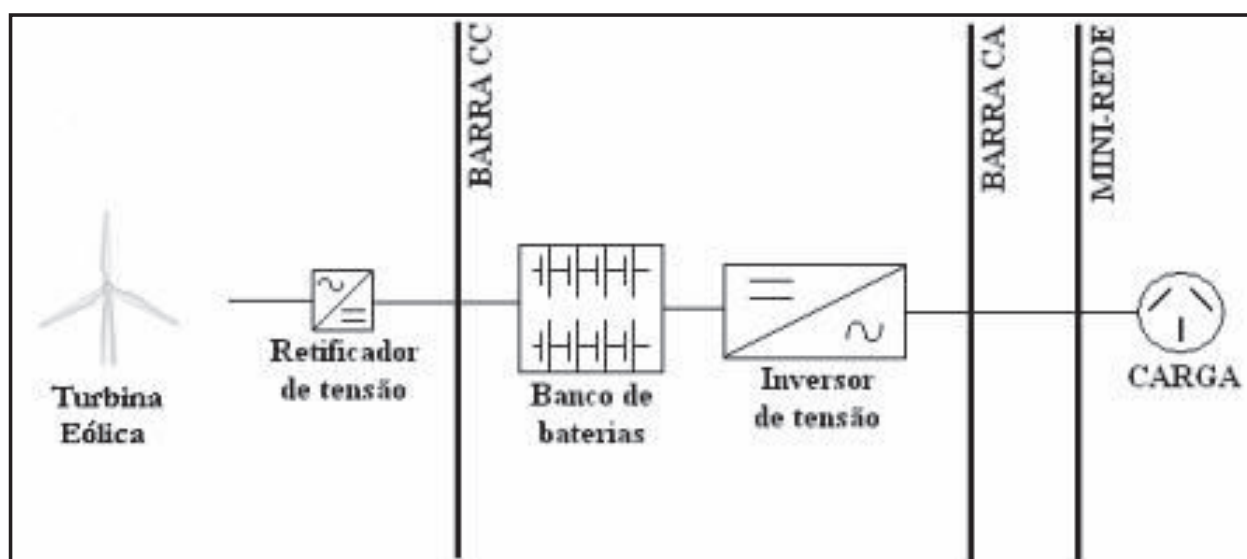


Figura-3.17. Configuração de um sistema eólico para comunidades isoladas.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para os sistemas eólicos de maior porte destinados aos pequenos vilarejos é usual adotar algum tipo de geração alternativa, para suprir a demanda quando a produção de energia elétrica for insuficiente. Sobre esta complementação energética, cabe destacar que no litoral da Amazônia Brasileira a sazonalidade dos ventos tem ciclo semelhante à incidência de radiação solar, portanto, os sistemas híbridos do tipo eólico-solar para essa área têm de acrescentar uma terceira fonte de energia para manter a continuidade do fornecimento.

Impactos Ambientais e Cuidados Inerentes

O tipo de superfície é uma consequência do uso solo, e o aumento da rugosidade acarreta no incremento da turbulência, na redução da velocidade do vento e na diminuição da produção de energia. Na Amazônia a turbulência causada pela floresta obriga ao aumento significativo da altura das torres. Por outro lado, nas áreas já degradadas, a implantação de turbinas eólicas sobre um terreno não impede que este seja utilizado para outros fins, como, por exemplo, o uso agrícola.

Para evitar a interferência da turbulência provocada pelas próprias turbinas, a distância entre elas deve ser de pelo menos cinco vezes o diâmetro do rotor, que, no caso de conjuntos com mais de uma unidade, significa considerar a densidade de produção de energia de 0,08 a 0,13 km²/MW. Desse modo, a instalação de 100 kW de geração eólica em unidades de 25 kW, para o atendimento de um pequeno vilarejo, demandará o uso de aproximadamente um hectare de área, facilmente disponível dada à grande dimensão do território amazônico.

O ruído das hélices devido efeito aerodinâmico e ao funcionamento mecânico é significativo. Para as turbinas de grande porte, com potências nominais superiores a 1 MW, o ruído perto delas é de aproximadamente 50 dB, no entanto 450 metros de distância não ultrapassa os 35 dB. Como o ruído recomendável para o ser humano é inferior a 40 dB, no caso dessas turbinas maiores, as habitações devem ficar situadas a mais de 200 metros de distância. Na Amazônia rural, a capacidade das unidades será pequena, entre 10 a 50 kW, e nível de ruído consequentemente menor.

A poluição visual causada pelas turbinas é significativa, e deve ser criteriosamente avaliada por se tratar de uma região voltada para a conservação ambiental, em que a atividade do turismo ecológico significa uma fonte de renda importante, a qual pode ser afetada pela modificação negativa da paisagem.

A morte de pássaros causadas pela rotação das pás das turbinas é o aspecto ambiental mais significativo a ser considerado. Como essa experiência na Amazônia ainda é incipiente, cabe aqui recomendar muita cautela no aumento indiscriminado dessas unidades, para evitar que danos ecológicos venham a prejudicar o uso da tecnologia na região. Nesse sentido, indica-se o mapeamento prévio da ocorrência de pássaros, inclusive as rotas de migração, e, dependendo do caso, optar por outro tipo de fonte primária de energia.

Custos dos Sistemas Eólicos

O custo dos equipamentos, que no passado foi um dos principais obstáculos ao emprego comercial da energia eólica, caiu muito entre os anos 1980 e 1990. As estimativas internacionais recentes indicavam que uma turbina eólica moderna estava abaixo de US\$ 1.000,00 por quilowatt instalado (BTM, 2000). No caso do Brasil, os investimentos para implantação de um sistema eólico variam desde US\$ 800,00 até US\$ 1.200,00 por quilowatt instalado (Aneel, 2001).

Como todos os projetos de aproveitamentos eólicos desenvolvidos no âmbito do programa do CT-Energ/MME/CNPq-03/2003 são de caráter híbrido, eles serão avaliados mais adiante no item respectivo.

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia fotovoltaica realiza a obtenção de eletricidade pela transformação direta da radiação solar em energia elétrica, com a utilização de materiais semicondutores, quase sempre de silício. São dispositivos constituídos de células fotovoltaicas, reunidas em série e em paralelo, para aumentar a tensão e a potência fornecidas, formando os conhecidos “painéis fotovoltaicos”. Na indústria, as células são classificadas em função da estrutura cristalina do semicondutor, que pode ser monocristalino, policristalino ou amorfo.

As células de silício monocristalino, em geral, apresentam os maiores custos e as eficiências mais altas, podendo atingir até 18% em laboratório, ou pelo menos 15% nos equipamentos vendidos no mercado. As células de silício policristalino são mais econômicas por causa do processo de preparação do material menos rigoroso. Quando essas últimas são comparadas às células de silício monocristalino, a eficiência cai um pouco, resultando em torno de

12,5% para aquelas destinadas à produção comercial de energia elétrica.

O silício amorfo também absorve a radiação solar na faixa do visível, e a transforma em eletricidade. Seu uso em células fotovoltaicas tem mostrado grandes vantagens na otimização do processo de fabricação, pois está situado na área de filmes finos, que utiliza menor quantidade de material e requer menos energia na sua técnica de fabricação. Por outro lado, nos primeiros meses de uso ocorre um processo de degradação, que reduz para pouco mais de 4% a eficiência dos sistemas comerciais. Mesmo assim, os painéis de silício amorfo são economicamente mais vantajosos, porque o preço de comercialização é estabelecido em função da capacidade unitária de gerar energia, e seu valor em dólares por quilowatts pico é menor. Somente a área utilizada pelos sistemas de silício amorfo será maior, o que na maioria dos usos terrestres não representa um fator significativo.

Os sistemas fotovoltaicos especificados conforme a Resolução Normativa nº 083 de 2004 da Aneel, e atualmente empregados no atendimento de consumidores rurais isolados, foram apresentados e avaliados no capítulo anterior, no item sobre “Custo dos Sistemas Fotovoltaicos Individuais”. Em complementação, aqui será descrito e analisado o trabalho de eletrificação e de acompanhamento sócio-econômico-ambiental realizado na Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto, nas proximidades de Guajará Mirim, em Rondônia, fronteira da Bolívia, pelo “Projeto Equinócio” da UnB, entre 1995 e 2004.

Avaliação da Energia Solar Disponível

Na Amazônia, em razão da grande extensão territorial e dificuldade de acesso, somente em alguns poucos locais são encontrados dados consistentes sobre os parâmetros meteorológicos. Essa deficiência de informações, que inclui a falta de dados sobre a radiação solar na superfície, torna impreciso o planejamento dos sistemas fotovoltaicos, principalmente do conjunto painel-bateria, cuja consequência é facilmente encontrada na grande quantidade de baterias que são excessivamente solicitadas, e entram em pane bem antes do prazo mínimo de quatro anos de vida útil.

Quando o “Projeto Equinócio” começou a atuar na Rerop em 1995, a estação meteorológica mais próxima e em funcionamento estava situada no Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), em Porto Velho, a pelo menos 210 km de distância em linha reta. Como se trata de uma região com colinas

e desníveis, que acentuam as diferenças climáticas por provocarem efeitos orográficos e aumento da nebulosidade em determinados locais, os dados meteorológicos de Porto Velho não eram representativos para Guajará Mirim.

Para obter informações confiáveis da radiação solar total incidente na área da Rerop, o “Projeto Equinócio” construiu uma estação meteorológica no vilarejo de Sepitiba, o mais remoto da Reserva, e, em fevereiro de 2000, ali implantou uma Plataforma Meteorológica Remota (PRM-6), conforme mostra a Figura-3.18 (Lima, 2002). A PRM-6 foi desenvolvida pelo Laboratório de Sistemas Analógicos-Digitais (Lasad), do Departamento de Engenharia Elétrica da UnB. A citada Plataforma operou de forma contínua e automática durante mais de cinco anos, enviando dados sobre radiação solar total na superfície, precipitação, velocidade do vento a 10 metros de altura do solo e temperatura do ambiente. A medição da radiação solar foi efetuada, de modo inédito, a partir da tensão e da corrente dos próprios painéis (Camapum, 1995). Também, eram medidas e transmitidas: a temperatura dos painéis fotovoltaicos e a tensão na bateria. Todas essas informações eram coletadas a cada minuto, e, em seguida, enviadas para o Lasad da UnB, de duas em duas horas. O envio dos dados ficou a cargo da Empresa Autotrac, que utilizava satélite geoestacionário e equipamento Qualcomm de transmissão (Lima, op.cit.).



Figura-3.18. Estação e Plataforma Meteorológicas implantadas na REROP, em fevereiro de 2000.

Fonte: Melo (2005).

Segundo o Atlas Solarimétrico, a média mensal da radiação solar total para a área da Rerop deve variar entre 3,89 a 4,45 kWh/m².dia (Tiba, 2000). Os dados meteorológicos obtidos pela PRM-6 no mesmo sítio constatarem longos períodos ininterruptos com incidência de radiação solar muito inferior aos valores referenciais até então estabelecidos e aceitos. Um exemplo disso é uma sequência de nove

dias consecutivos observada em junho de 2000, cuja média da radiação solar total na superfície foi de 2,35 kWh/m².dia, ou 40% a menos do que a pior situação prevista no Atlas Solarimétrico.

Posicionamento dos Painéis Fotovoltaicos

A otimização da eficiência da energia solar coletada pelos painéis fotovoltaicos depende do posicionamento correto dos painéis fotovoltaicos. Cada um deve estar inclinado para o lado oposto ao hemisfério onde se encontra, e o ângulo, β , de elevação, estabelecido em função da latitude, δ , de sua localização. Como o Sol se desloca igualmente por ambos os hemisférios, permanecendo no Norte entre 22 de março e 22 de setembro, e no Sul de 23 de setembro a 21 de março, conforme indica a Figura-3.19, a posição horizontal, ou próxima dela, é a mais correta para os painéis fotovoltaicos, pois propicia o máximo de captação da radiação solar ao longo do ano.

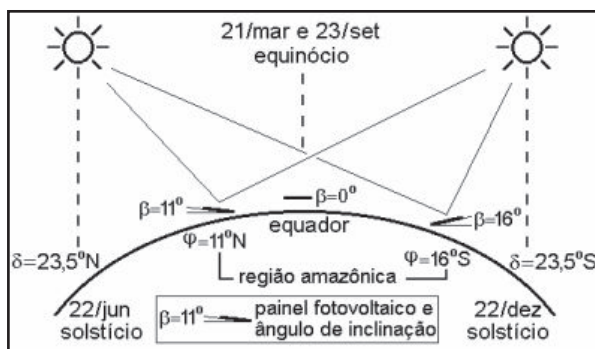


Figura-3.19. Inclinação, β , do painel fotovoltaico em função da latitude de instalação, δ . Observar que o esquema não possui rigor geométrico.

Fonte: Di Lascio, Pioch & Rodrigues (2006).

Para a análise do efeito da latitude sobre o ângulo de inclinação dos painéis fotovoltaicos, considerou-se como este sendo deslocado desde o equador, onde a posição horizontal significa a melhor situação, tal como mostra a Figura-3.19, até alcançar um dos trópicos, onde é indicado um ângulo igual à latitude. Desse modo, para a latitude da Rerop de

10° Sul foi padronizada uma inclinação entre 5° e 10° voltada para o norte, e ajustada para todos os sistemas ali instalados. Nesse caso, a única exceção foi com os painéis da PRM-6, cuja posição na horizontal foi obrigatória por causa do equipamento servir, também, como sensor de radiação solar total, tendo de atender a definição da meteorologia, que se refere a uma superfície plana e horizontal.

Entretanto, na Região é comum encontrar painéis erradamente posicionados, geralmente superando os 30° ou 40° de inclinação, o que impede a chegada da radiação solar durante os meses em que o Sol está no hemisfério oposto ao sentido para o qual o painel está voltado. Por exemplo, se o painel está muito inclinado e voltado para o Norte, significa que entre novembro a fevereiro ou a energia por ele recebida é muito pequena, ou fica totalmente interrompida.

A questão da sensibilidade pela menor inclinação dos painéis é mais crítica do que se imagina, e pode ser exemplificada pelo projeto nº 09 do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003 referente aos "Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares" do IEE/USP, em São Francisco do Aiucá, no Estado do Amazonas. Como a comunidade está situada a cerca de três graus ao sul da linha do equador, o ângulo dos painéis com a horizontal deveria ser mínimo, porém a Figura-3.20 mostra inclinações excessivas (Zilles, 2006). Tal posicionamento provoca o descarregamento das baterias nos meses de dezembro e janeiro, quando o Sol se encontra no Hemisfério Sul, durante sua translação mais ao sul em 22 de dezembro. Como na mesma época, também ocorre o período das chuvas na Amazônia, a intensa cobertura de nuvens aumenta de modo acentuado, e reduz ainda mais a radiação solar na superfície. Esse fato é significativo porque a instituição é a mesma que instalou de modo correto, com pouca inclinação, o painel visto na Figura-2.13, do capítulo anterior. Outro equívoco visível em São Francisco do Aiucá, na mesma Figura-3.20, é a altura exagerada do painel, que impede a limpeza deste e contribui para a redução da energia recebida.



Figura-3.20. Altura e inclinação excessivas dos painéis fotovoltaicos de São Francisco do Aiuçá.
 Fonte: Zilles (2007).

Configuração dos Sistemas Fotovoltaicos

Com o objetivo de contribuir na identificação de parâmetros de referência para a eletrificação rural da Amazônia, o “Projeto Equinócio” da UnB, com financiamento do CNPq, iniciou em 1995 um “Projeto de Referência em Energia Fotovoltaica”, efetuando o acompanhamento socioeconômico de todas as famílias da Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto, e a eletrificação da sua área mais remota. O local foi escolhido para sediar o projeto devido ao seu povoamento esparsa que não justificava outra fonte de energia. O trabalho foi direcionado para identificar tecnologias e procedimentos que possibilitassem alcançar índices elevados de robustez e confiabilidade, de modo a reduzir o custo de implantação, operação e manutenção das instalações. A ação foi reforçada a partir de 2000 com o apoio da Aneel, quando esta ação passou a compor o “Projeto de Referência em Geração Híbrida de Energia Elétrica”, Projeto PNUD BRA/98/019, Contrato nº 99/011, que possibilitou concluir a



eletrificação de 14 casas, quatro escolas e um posto de saúde, a maioria no extremo leste da Rerop. Ali, também foram instaladas 4 TVs em centros comunitários e implantado um freezer igualmente de uso comunitário. No total foram beneficiadas 19 famílias, quase todas residentes nos vilarejos mais remotos (Di Lascio, 2001a).

Em cada moradia, sempre mantendo as características adotados para os sistemas das moradias mostradas na Figura-3.21, foi instalado um Painele Fotovoltaico de 36 Wpico e uma bateria de 64 Ah. Todos os sistemas foram especificados em corrente-contínua e na tensão de 12 volts, com o objetivo de aumentar a confiabilidade, e evitar as perdas ocasionadas pelos inversores. Cada casa recebeu duas lâmpadas frias, de 12 volts, sendo uma de 9 watts e a outra de 15 W, e ainda uma tomada para rádio com opção de 9 ou 12 volts. A proximidade com a Bolívia facilitou muito a aceitação desse tipo de esquema, porque naquele país o uso de 12 volts é comum, e os equipamentos eletrodomésticos estão disponíveis no comércio.



Figura-3.21. Moradias isoladas com 36 Wpico e sistemas em 12 volts.
 Fonte: Di Lascio (2001a).



Nos quatro centros comunitários, como no exemplo apresentado na Figura-3.22, cada sistema recebeu uma capacidade fotovoltaica de 130 Wpico. A bateria foi dimensionada em 100 Ah,

para suprir com folga quatro horas diárias de televisão branco e preto, alimentada em 12 volts, e ainda acender uma lâmpada de 9 W destinada à iluminação da sala.



Figura-3.22. Recepção de TV em Centro Comunitário com 130 Wpico e 12 volts.

Fonte: Di Lascio (2001a).

No vilarejo de Sepitiba, o mais distante no interior da Rerop, foi instalado um pequeno congelador de 81 litros, em 12 volts, para a conservação de alimentos, destinado a auxiliar na organização das tarefas do dia-a-dia dos moradores. O sistema de resfriamento recebeu um conjunto de 600 Wpico de painéis fotovoltaicos, o qual foi montado na estrutura mostrada na Figura-3.23. Nesse caso, por se tratar

de uma instalação grande, optou-se por uma elevação maior do solo para aumentar a segurança, porém com plataforma de acesso e acessível por escada removível. Também foi construído um abrigo para o congelador e o banco de baterias de 1.200 Ah. Com a facilidade do resfriamento, deixou de ser necessária a obrigação de pescar todos os dias, e aumentou a disponibilidade de tempo para os trabalhos em terra firme.



Figura-3.23. Sistema fotovoltaico de 600 Wpico e o congelador de Sepitiba.

Fonte: Di Lascio (2001a).

Além da simplificação, do aumento da robustez e do barateamento das instalações, outro ponto importante do projeto foi o treinamento das famílias para o uso dos equipamentos, inclusive com a capacitação de dois moradores da Rerop, que passaram a atuar como técnicos. Como se tratavam de pessoas não alfabetizadas, a leitura da tensão fornecida pelos multímetros foi alterada

para uma visualização mais adequada pelos novos técnicos locais.

A partir da constatação da existência de períodos de radiação muito baixa, os novos usuários passaram a ser instruídos para efetuar redução no consumo toda vez que ocorresse este tipo de situação. A tarefa foi facilitada porque essas seqüências de dias de radiação muito baixa têm a característica de nebuloso.

cidade muito intensa. Em seguida, observou-se que os ensinamentos foram bem absorvidos pelos ribeirinhos, e as baterias foram sempre cuidadosamente poupadas, todas tendo apresentado vida útil superior a quatro anos.

Considerações Tecnológicas e Operacionais

O nível de tensão e forma de corrente a ser fornecida ao usuário foi outro aspecto tecnológico avaliado pelo “Projeto Equinócio” na Rerop. Como os inversores representavam um componente a mais, e com probabilidade de pane (TCU, 2003; Prodeem, 2004), os sistemas da Rerop foram todos especificados em 12 volts em corrente-contínua visando à implantação de um atendimento fotovoltaico robusto e confiável.

Destaca-se que as lâmpadas e os reatores em 12 volts e com 9 watts de potência foram facil-

mente encontradas no mercado de Brasília e São Paulo, e as maiores, de 15 W, inclusive, compradas em Guajará Mirim, por serem típicas de ônibus. As luminárias, no início foram adquiridas no mercado, como o modelo apresentado na Figura-3.24, mas em menos de seis meses sempre ocorria alguma falha. A análise do problema mostrou que, ou o refletor aquecia excessivamente a lâmpada, provocando a queima precoce dela, ou, então, na madrugada, ocorria à concentração de umidade no interior da luminária, provocando a falha do inversor individual contido no seu interior. Como solução, adotou-se a construção no próprio local de luminárias rústicas, nos dois modelos que aparecem na Figura-3.25, para 12 e 15 watts. Em consequência, aumentou o tempo de vida das lâmpadas e seus respectivos reatores, e muitas das primeiras unidades, datadas de 1996, ainda estavam funcionando em 2004.



Figura-3.24. Luminária comercial de 12W, com alta taxa de falha.
Fonte: Melo (2005).



Figura-3.25. Luminárias rústicas de 12W e 15W, mais adequadas para o clima da Amazônia.
Fonte: ibidem.



Outro aspecto importante foi especificar aos moradores que eles deveriam limpar diariamente os painéis fotovoltaicos, para evitar perda de energia por causa da poeira. Como os painéis foram instalados com uma pequena inclinação, esta prática, também, contribuiu para evitar que a água ficasse acumulada nas bordas dos painéis e, com o tempo, viesse a favorecer a infiltração.

Dada à predominância de analfabetos na Rerop, o treinamento dos moradores beneficiados pelo Projeto foi transmitido verbalmente e, sempre, em linguagem acessível. Os pontos mais destacados durante as aulas foram: posição e limpeza dos painéis fotovoltaicos; observação e cuidados com os reguladores; conservação das baterias; cuidados com a rede elétrica em 12 volts; uso correto das luminárias, rádios, TV e freezer.

Os dois moradores que foram treinados para atuar como técnicos receberam os conhecimentos necessários para que fossem capazes de realizar com êxito todas as tarefas de manutenção, e, também, a eventual transferência de algum equipamento. Os aspectos dos sistemas fotovoltaicos considerados foram: posição, integridade dos contatos e limpeza do vidro. No caso dos reguladores foram enfatizadas a integridade do equipamento e a limpeza dos contatos. As baterias receberam uma atenção especial por causa do nível e qualidade do eletrólito, e ainda: estado geral, limpeza dos contatos e carregamento. Os itens ensinados para o caso dos outros componentes foram os seguintes: continuidade mecânica e isolamento dos condutores; estado e queima dos fusíveis, reatores e lâmpadas. Além disso, foram ensinados os seguintes aspectos gerais: estado e queima dos componentes, avaliação do motivo da falha, fim da vida útil e procedimentos para a substituição dos mesmos.

A partir dos trabalhos efetuados na Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto, pelo “Projeto Equinócio”, ficou demonstrada a importância significativa do treinamento dos usuários como sendo um fator essencial para que seja observada a vida útil dos equipamentos. Deste modo, ao custo de equipamentos comprados por meio de licitações, é necessário adicionar às despesas de instalação, e, ainda, incluir os gastos desse treinamento dos novos consumidores. Como no caso da Rerop, as tarefas de treinamento ficaram inseridas no trabalho de acompanhamento sócio-econômico-ambiental, a despesa total foi superior à atividade que aqui está sendo considerada.

O Governo do Estado do Acre tem experiência no treinamento de usuários de sistemas FV, porém mais dedicada ao caso de equipamentos destinados ao uso comunitário. Do mesmo modo, algumas ONGs também treinam os novos usuários de sistemas FV, mas ainda são necessários mais estudos para avaliar melhor esse tipo de despesa.

Escolha e Custo das Instalações Fotovoltaicas

Considerando as observações sobre SFDs formuladas no Capítulo 2 e as análises baseadas nos sistemas fotovoltaicos implantados na Rerop, foi elaborada a Tabela-3.5, indicando quais as implicações de cada uma das três configurações básicas. As dificuldades com a interrupção do serviço prestado por esses sistemas têm mostrado que o fornecimento totalmente em CA deve ficar restrito às áreas com acesso relativamente fácil, para garantir que a manutenção seja eficaz. De modo oposto, quanto mais remoto e distante estiver a instalação, o uso do inversor deve ser evitado, e mesmo abolido, para que o usuário não fique sujeito à quebra de mais um equipamento. Não basta ajustar a legislação à realidade local, também é necessário fornecer uma tecnologia confiável e adequada com o meio no qual o benefício estiver sendo implantado, conforme expressa Melo (2005).

TABELA-3.5. CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARES.

Configuração	CC	CC/CA	CA
Complexidade do arranjo	baixa	alta	média
Confiabilidade	alta	alta	baixa
Legislação sobre falha	insuficiente	insuficiente	suficiente
Indicação de local	muito isolado	isolado	fácil acesso
Custo	baixo	alto	médio

Fonte: Elaborado pelos autores.

De modo muito preliminar, podem ser adiantados alguns custos relativos à implantação de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares. Os painéis representam o componente básico do custo dos equipamentos, que aqui se atribui o valor de US\$ 10,00 por watt-pico, entregue no local de distribuição das equipes responsáveis pela montagem dos sistemas. Para a montagem e o treinamento dos novos usuários, assume-se o esquema do capítulo anterior para O&M dos sistemas ANGD-MR, e se atribui uma duração média de cinco dias por consumidor, que significa na despesa de R\$ 3.659,87 por sistema FV (Di Lascio, 2005a).

Tomando como referência os sistemas fotovoltaicos domiciliares de 36 Wp implantados na Rerop, pode-se indicar que o investimento unitário em equipamentos para o mesmo tipo de instalação representará cerca de R\$ 2.000,00 que, somados as despesas de montagem, alcançará o custo bruto de R\$ 5.659,87 por sistema SFV de 36 Wp. A este valor deverão ser somados os custos administrativos, que dependerão da estratégia de compra a ser estabelecida, cuja análise

se foge ao propósito deste trabalho. No entanto, cabe citar que mais adiante, serão propostos projetos pilotos e projetos demonstrativos com o objetivo de estabelecer, entre outros, os custos reais da implantação de sistemas fotovoltaicos na Região Amazônica.

PORQUE USAR BIOCARBURANTES?

Em geral, admite-se que as reservas de petróleo bruto são suficientes para manter a demanda atual pelos próximos quarenta anos. Como 80% das reservas estão situadas no Oriente Médio, existem as implicações da concentração deste importante insumo energético em uma única região. Em razão disso, os preços podem aumentar tanto por causa do cartel dos produtores quanto pela instabilidade política. Mesmo na melhor das hipóteses, os preços a médio e longo prazo devem forçosamente aumentar em função da diminuição inexorável dos estoques.

A biomassa para usos energéticos pode ser classificada em três linhas de biocombustíveis: os sólidos, os líquidos e os gasosos. Todos eles têm em

comum o fato de serem formados a partir da fotossíntese, que fixa o carbono contido no CO_2 da atmosfera e libera o oxigênio. Em consequência, a combustão da biomassa é um processo reversível, renovável e sustentável.

Ao substituir os combustíveis fósseis por biomassa renovável, evita-se a formação de chuvas ácidas pela ausência de emissões de enxofre para a atmosfera, e se reduz a contribuição ao efeito estufa porque o CO_2 produzido ao ser reciclado não aumenta sua concentração na atmosfera. Outro fator positivo do uso dos biocombustíveis reside na diminuição da quantidade de particulados na atmosfera, melhorando a qualidade de vida nas cidades.

Nos países desenvolvidos várias políticas estão sendo adotadas: na França 8% das terras cultivadas são destinadas à produção de biocombustíveis, e nos EUA são incrementadas medidas reservando 30% do mercado de carburantes para a biomassa renovável (FEB, 1994). No caso dos países em desenvolvimento, como o Brasil, a adoção dos biocombustíveis é muito mais atrativa por causa do aumento da atividade econômica e da geração de postos de trabalho.

Os biocarburantes apresentam como aspectos positivos mais significativos a independência energética de uma nação, a proteção ao meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida. Eles significam uma opção energética moderna e ambientalmente desejada, que substitui os combustíveis fósseis e evitam seus aspectos negativos, tais como poluição, distribuição desigual ao redor do Planeta e estoques finitos por serem não renováveis.

Na Amazônia, a biomassa é a fonte de energia primária renovável, que reúne o maior número de vantagens. Primeiro, por estar disponível em toda a Região, onde não faltam chuva e o sol para sua renovação. Segundo, por causa dos primeiros consumidores potenciais desta energia serem os próprios habitantes das comunidades isoladas, em que predomina a floresta-em-pé com todo seu esplendor e sua grande biodiversidade, capaz de fornecer um sem número de produtos de altíssima qualidade. Terceiro, porque, justamente a partir da coleta e beneficiamento desses produtos renováveis, é que está a chave da manutenção do ambiente amazônico, com a criação de postos de trabalho e o aumento da renda vinculado a manutenção da própria floresta-em-pé.

BIOCOMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS

Os biocombustíveis líquidos geralmente são obtidos por meio da prensagem de frutos oleaginosos ou da fermentação da cana-de-açúcar. No caso de

frutos de espécies oleaginosas nativas, deve-se considerar em primeiro lugar a disponibilidade e a coleta da matéria-prima, em seguida o processo de extração do óleo vegetal e, finalmente, o aproveitamento dos resíduos do beneficiamento. Os biocombustíveis líquidos são, sem dúvida, os produtos mais versáteis da biomassa, além de terem elevado conteúdo energético. De fato, tanto *in natura* como transformados pela via térmica ou química, eles podem alcançar uma grande semelhança com os combustíveis fósseis.

Existem vários tipos de biocombustíveis líquidos. O mais conhecido é o biodiesel, que é formado a partir do óleo vegetal transesterificado e tem função idêntica à do óleo diesel. O pirodiesel, ou a pirogasolina, ambos obtidos da pirólise do óleo vegetal, também se assemelham ao diesel ou a gasolina. Do mesmo modo, o biopetróleo, obtido por meio do craqueamento do óleo vegetal, resulta em gasolina, diesel, querosene, etc, todos parecidos aos derivados fósseis.

Obtenção do Óleo Vegetal

O óleo vegetal pode ser obtido de diversas espécies oleaginosas, tais como: plantas nativas do tipo andiroba (*Carapa guianensis*) ou buriti (*Mauritia vinífera* Mart., ou *Mauritia flexuosa* Lin.), ou ainda de cultivos agro-florestais, como soja (*Glycine max*), mamona (*Ricinus communis* L.), ou dendê (*Elaeis guineensis*). No caso da Amazônia, onde existe abundância de oleaginosas nativas, a própria natureza disponibiliza a produção. Ali, a coleta de frutos nativos pode ser a mais adequada para a exploração econômica da região, pois não causa impacto significativo ao meio ambiente, inclusive por não requerer insumos e defensivos agrícolas.

A maioria dos óleos vegetais é encontrada nas sementes das plantas e na polpa dos frutos. Eles constituem a reserva alimentícia e energética para ser utilizada pela semente ao germinar. Esses óleos também constituem a fonte de energia de vários seres da fauna dos ecossistemas desses locais.

O caso do óleo de copaíba, o qual é retirado diretamente do caule da árvore, sem produzir resíduos, é excepcional. Aliás, por possuir um valor comercial muito alto, na prática, é inviável como energético, e não será abordado neste trabalho.

Deve ser lembrado que a exploração de óleos vegetais, assim como de qualquer outro produto da floresta, certamente provocará algum impacto ambiental, pois estará retirando substâncias nutritivas

do ecossistema. Então, para evitar danos à natureza, os estudos clássicos indicam que a coleta de frutos de uma determinada espécie não deve ultrapassar 30% do total da sua própria produção.

No caso das palmáceas, que reúnem a maioria das espécies produtoras de óleo vegetal da Amazônia, devem ser observados os mesmos limites de coleta de somente 30% do potencial. Como elas são invasoras da floresta, e aceleram a degradação do ecossistema, seu manejo deve ser cuidadosamente planejado para não acarretar danos ao ambiente, justamente, quando se pretende o contrário. As espécies de áreas úmidas, por estarem num ecossistema mais sensível, precisam de atenção redobrada.

A quantidade de óleo vegetal contida nos frutos, em geral, representa entre 4% a 25% do peso total transportado até o local do beneficiamento. Desse modo, além do óleo, estão presentes nos frutos a polpa, o caroço e a casca. Quase sempre, a polpa contém a maior parte do óleo do fruto. A polpa deve ser separada das outras partes, que, geralmente, apresentam dureza incompatível com as características da prensagem.

O beneficiamento dos frutos oleaginosos com o objetivo de extrair óleo vegetal requer várias etapas, desde a chegada do fruto até o acondicionamento do produto para ser transportado. Isso implica a existência de instalações com as seguintes fases: recepção, amadurecimento, secagem, separação manual ou mecânica de cascas e caroços, aquecimento da massa, prensagem, filtragem e acondicionamento. Além disso, o beneficiamento ainda requer as etapas de aproveitamento das sobras: cascas, caroços, tortas ou bagaços.

Os cálculos das câmaras de processamento dos frutos devem considerar o fluxo e o volume da matéria prima entre a recepção na chegada na unidade de beneficiamento até a saída do óleo vegetal após a prensagem. O volume dessas câmaras tem de ser suficiente para receber pelo menos a quantidade para uma semana do consumo da capacidade de prensagem.

A sala de recepção dos frutos é o local aonde tem início o caminho da matéria prima no interior da unidade de beneficiamento dos frutos oleaginosos. Esta sala deve ser dimensionada para conter a colheita de um dia, e ainda sobrar o espaço da movimentação do pessoal e a entrada eventual de carroças. O local também deve dispor de água de boa qualidade para a lavagem dos frutos, e, assim, reduzir a incidência de doenças durante as fases seguintes do beneficiamento.

Na maioria dos frutos, é mais vantajoso coletá-los antes de amadurecer para reduzir o ataque enzimático, evitando que o óleo se torne ácido e sua qualidade diminua. Nesse sentido, é necessário dotar as instalações de etapas de amadurecimento e secagem em câmaras de abafamento, que representam à segunda etapa do processamento. Elas podem receber calor para acelerar o amadurecimento e favorecer a secagem dos frutos. É recomendável que a maior parte da energia necessária para o processo seja obtida com a queima dos resíduos da própria biomassa.

O trabalho de separação da casca e do caroço pode ser manual. Caso se opte pela separação mecânica do caroço ou da casca, para formar a massa a ser prensada, tanto a dimensão da área ocupada como a quantidade de mão-de-obra serão menores, mas haverá um consumo adicional de energia. A separação mecânica pode ser efetuada por uma despoldadeira, semelhante ao tipo usado para frutas como a manga ou o pêssego, que são peneiras cilíndricas de aço inoxidável com janelas de malha variáveis, a maioria entre 0,6 a 2,0mm, escolhidas conforme a espessura dos sólidos que devem ser separados. O cilindro da passadora é forrado de aço inoxidável e se apóia sobre uma estrutura vertical. Os refugos são separados nas peneiras cilíndricas e descarregados por baixo. Essas peneiras são fáceis de desmontar para sua limpeza e inspeção. Em alguns casos, como o babaçu, as despoldadeiras mecânicas ainda são incipientes, e a separação da amêndoa da casca tem de ser manual.

O processo de beneficiamento dos frutos oleaginosos requer que antes da prensagem seja avaliada a necessidade da secagem da massa, que depende da umidade contida na polpa após o amadurecimento. Este cuidado visa evitar uma quantidade excessiva de água no óleo, que dificulta a filtragem, e obriga o uso de centrífugas de custo elevado e de alta complexidade tecnológica. Caso a secagem seja requerida terá de existir alguma forma de fornecimento de calor.

Os métodos de obtenção dos óleos vegetais seguem basicamente a extração por solvente, ou por prensagem. A prática mais eficiente de extração adota solventes, que retiram todo o óleo contido nos frutos, mas, no caso da Amazônia, devem ser evitados pois são excelentes insumos do processo de refino da cocaína. A utilização de prensas é o método mais difundido desde as manuais, geralmente hidráulicas, muito usadas na África e na Bolívia, até os modelos mais sofisticados, empregados na extração do azeite de oliva na região do Mediterrâneo. Na Amazônia, tanto as prensas manuais como as prensas mecânicas do tipo “expeller”, de parafuso contínuo e de alta

pressão, são adequadas para a extração do óleo vegetal, dependendo da quantidade de matéria-prima a ser processada.

A filtragem do óleo vegetal é uma etapa obrigatória para aumentar sua qualidade pela extração de impurezas, e possibilitar um alto valor de comercial. O equipamento mais usado é o filtro-prensa, cujos elementos de papel são especificados de acordo com a viscosidade do líquido a ser processado.

Depois de extraído, a maioria dos óleos vegetais apresentam estabilidade elevada. No entanto, mesmo com todos os cuidados antes descritos, uma parte resulta de qualidade inferior por causa do ataque enzimático, que ocorre durante a coleta ou nos estágios posteriores até o momento da prensagem. Esse óleo inferior deve ser dirigido para uso no próprio local do beneficiamento ou nas suas redondezas, pois seu baixo valor comercial não justifica despesas adicionais com transporte. Por esta razão, seu emprego como energético representa uma opção altamente recomendada.

Concluindo o processamento, para ser estocado, pode ser necessário estabilizar o óleo adicionando algum antioxidante, com o objetivo de evitar que venha a se deteriorar. Contudo, essa prática geralmente é desnecessária para os óleos obtidos por pressão e não refinados, cuja estabilidade é elevada.

Em resumo, pode-se afirmar que a extração de óleo vegetal é uma tarefa bastante simples, com todos os equipamentos possíveis de serem adquiridos no mercado nacional. Por outro lado, a capacidade dos habitantes de comunidades isoladas para aprender essa técnica merece ser considerada como um aspecto essencial, pois o treinamento e o acompanhamento, com certeza, vão requerer um investimento significativo.

Qualificação do Óleo Vegetal para Combustível, Inclusive *In Natura*

Após ser extraído, a principal qualidade adotada para classificar um óleo vegetal é o seu teor de acidez, que deve apresentar valores baixos para ser considerado de boa qualidade e adequado ao uso alimentício. O teor de acidez de um óleo vegetal é determinado por algum método químico específico, e expresso em termos de porcentagem de ácidos graxos livres (%AGL), supondo-se que o peso molecular médio desses ácidos é equivalente ao do ácido oléico.

A definição azeite é usada somente para os óleos provenientes de frutos, como por exemplo:

azeite de oliva, azeite de dendê, azeite de buriti, etc. O azeite de oliva somente alcança a categoria de azeite extra-virgem quando a acidez é menor que 1%, existindo inclusive aqueles de excelente qualidade com menos de 0,3% de acidez. Para o uso como combustível, não existe padrão de qualidade oficial, apesar de todas as pesquisas que já foram realizadas.

A diferença entre gorduras e óleos reside exclusivamente na sua aparência física. A resolução nº 20/77 do Conselho Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (Cnnpa) define a temperatura de 20°C como o limite inferior para o ponto de fusão das gorduras. Assim, acima de 20°C as gorduras ainda apresentam aspecto sólido e os óleos são líquidos. Quando o ponto de fusão se situa abaixo de 20°C, então a gordura passa a ser classificada como óleo. Note-se que o termo gordura é o mais abrangente podendo incluir os óleos, inclusive os azeites.

O óleo comestível de boa qualidade, com acidez inferior a 1%, também é adequado para ser usado como combustível *in natura*. No entanto, seu elevado valor comercial geralmente o dirige para usos mais nobres, como a alimentação ou como insumo na produção de cosméticos ou transformado em biodetergente na forma de sabão. Por outro lado, quando a acidez é alta, geralmente se faz necessário neutralizá-la por meio de algum processo industrial. Essa neutralização da acidez de um óleo é uma das etapas da refinação, que pode, por exemplo, empregar hidróxido de sódio. Em consequência, forma-se sabão, que no processo de refino deve ser retirado por lavagem, filtração, etc. Porém, deve-se ter atenção ao resultado final, pois, quanto maior à acidez do óleo vegetal, mais sabão será formado, e menos óleo resultará para ser utilizado como biocombustível. Portanto, o processo de refino do óleo vegetal consome energia e recursos financeiros.

Exemplo de Mini-Indústria de Extração de Óleo Vegetal

O planejamento correto de mini-indústrias de extração de óleo vegetal pode propiciar as condições necessárias para que o produto tenha qualidade. Nesse sentido, o Departamento de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal do Amazonas, iniciou, em 1997, o “Projeto de Óleos Vegetais”, com financiamento do Projeto do Trópico Úmido do CNPq, na Reserva Extrativista do Médio Juruá, no vilarejo do Roque, perto de Carauari, no Estado do Amazonas (Correia, 2002). Este é coordenado pelo Prof. José de Castro Correia, e, desde o início, conta com

apoio do “Projeto Equinócio” da UnB, que forneceu um grupo-gerador multicomcombustível de 115 kW para o aproveitamento energético dos óleos de pouco valor comercial (Di Lascio, 2001b).

Em 1998, a UFAM construiu no Roque um galpão semi-industrial e instalou duas pequenas prensas, sendo uma manual e a outra elétrica

mostrada na Figura-3.26. Nesse projeto do PTU/CNPq, o vilarejo foi eletrificado, conforme apresenta a Figura-3.27. Imediatamente, o “Projeto de Óleos Vegetais” passou a justificar sua utilidade devido ao aprendizado e ao aperfeiçoamento, em todas as etapas do processo de beneficiamento dos frutos oleaginosos (Correia, 2004).

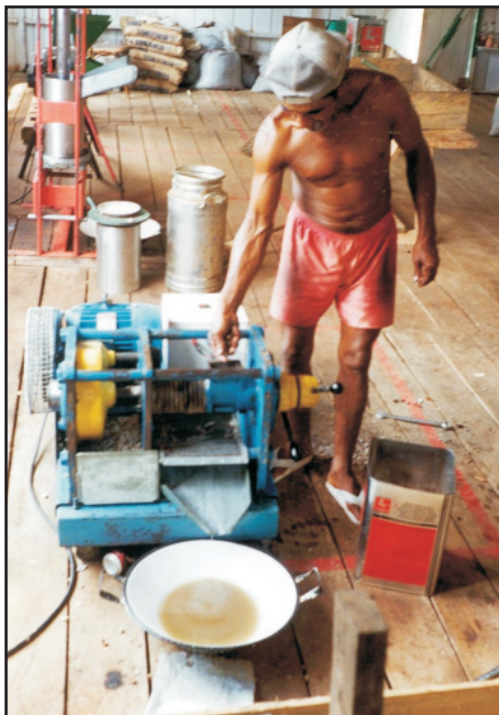


Figura-3.26. Prensa motorizada do Roque.
Fonte: Correia (2004).



Figura-3.27. Eletrificação do Roque pelo “Projeto de Óleos Vegetais”.
Fonte: ibidem.

O “Projeto de Óleos Vegetais” incluiu o uso energético dos óleos vegetais de menor valor para produzir a energia elétrica necessária ao processo de beneficiamento, e atender o consumo do vilarejo do Roque. Assim, o “Projeto Equinócio” da UnB, forneceu um grupo-gerador multicomcombustível de 115

kW, visto na Figura-3.28, para o aproveitamento *in natura* dos óleos de qualidade inferior (Di Lascio, 2004a). Para otimizar a gestão energética e melhorar a eficiência da prensagem, o Prof. Castro Correia orientou a construção e o uso de secadores solares no próprio Roque (Figura-3.29).



Figura-3.28. Gerador Multicomcombustível de 115 kW, instalado no Roque em 1998.
Fonte: Di Lascio (2004a).



Figura-3.29. Secadores solares construídos pelo “Projeto de Óleos Vegetais”.
Fonte: Correia (2004).

O trabalho da UFAM na REMJ recebeu um grande impulso a partir do ano 2000 com o apoio da Aneel, através do “Projeto de Referência em Geração Híbrida de Energia Elétrica”, Projeto PNUD BRA/98/019, Contrato nº 99/011, que possibilitou a construção de um galpão industrial,



Figura-3.30. Galpão semi-industrial em primeiro plano e galpão industrial ao fundo.

Fonte: Correia (2004).

A operação de separação da casca e do caroço é manual e envolve três recipientes: um para os frutos, outro para os resíduos e um terceiro para a polpa. A disposição esquemática de cada operário é vista na Figura-3.32, com os espaços para conter o material além

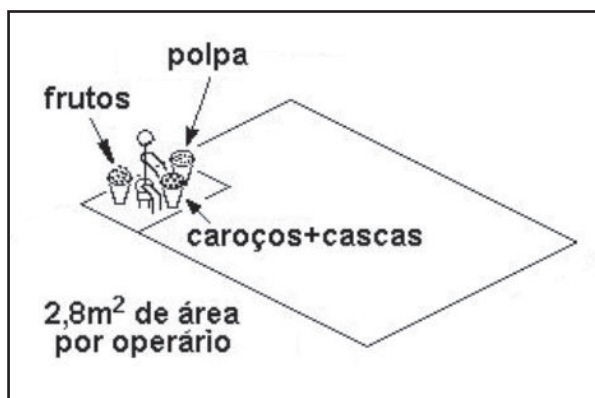


Figura-3.32. Beneficiamento Manual.

Fonte: Di Lascio, Pioch & Rodrigues (2006).

A manutenção da prensa mecânica contínua de alta pressão, tipo “expeller”, é simples, conforme indica a Figura-3.34. Sua operação requer dois operários de acor-

visto na Figura-3.30. Nele foram instaladas duas prensas contínuas do tipo “expeller”, de maior porte, uma de 100 kg/h e a outra de 400 kg/h, conforme mostra a Figura-3.31, em cujo lado direito também se observa sementes estocadas à espera do beneficiamento.



Figura-3.31. Galpão industrial do Roque e as prensas de 100 kg/h e de 400 kg/h.

Fonte: ibidem.

de uma área para a circulação, indica uma ocupação de 2,0 m por 1,4 m, ou 2,8 m² de área individual. Esse tipo de trabalho está representado na Figura-3.33, que retrata o trabalho de quebra do caroço do murú-murú na indústria de extração de óleo vegetal do Roque.



Figura-3.33. Quebradeiras no Roque.

Fonte: Correia (2004); Eloy (2001).

do com a Figura-3.35. A mesma figura ainda mostra o equipamento de aquecimento da massa de alimentação para que a eficiência do processo seja maximizada.

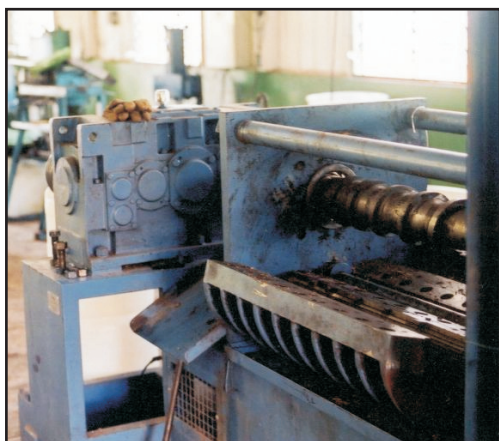


Figura-3.34. Detalhes de uma prensa "expeller" de 400 kg/h.

Fonte: Correia (2004).

Ainda acompanhando a Figura-3.34, verifica-se que a prensa consiste de um cesto formado de barras de aço retangulares, distanciadas por meio de lâminas, cuja espessura varia de acordo com a semente ou o tamanho da casca. No centro do cesto gira uma rosca, que movimenta o material para frente comprimindo-o ao mesmo tempo em que a massa é espremida e o óleo vai sendo expelido. O material entra na prensa por meio de um eixo alimentador. O espaçamento das barras é regulado para permitir a saída do óleo e, ao mesmo tempo, agir como filtro



Figura-3.35. Prensa de 400 kg/h e o aquecedor da massa para melhorar a eficiência do processo.

Fonte: ibdem.

para as partículas do resíduo da prensagem, também chamado de torta. A pressão é ajustada por meio de um cone de saída e alcança centenas de atmosferas por centímetro quadrado.

Para alcançar a boa qualidade do óleo, a mini-indústria do Roque inclui no seu contexto o filtro-prensa mostrado na Figura-3.36. Mais recentemente, o "Projeto de Óleos Vegetais" incorporou a esses equipamentos um conjunto de secadores e uma caldeira, vistos na Figura-3.37, e alimentados com resíduos do beneficiamento.



Figura-3.36. Filtro Prensa do Roque.

Fonte: Correia (2004).

O "Projeto de Óleos Vegetais" da UFAM é o melhor estruturado da Amazônia brasileira. Falta, no entanto, implementar a geração de energia elétrica com o excedente dos resíduos do beneficiamento que ainda tem de ser queimado para evitar o apodrecimento e a contaminação do processo industrial.

Composição Química dos Óleos Vegetais

A diferença de propriedades entre o óleo diesel e os óleos vegetais resulta, principalmente, na dis-



Figura-3.37. Secadores de frutos e fomalha.

Fonte: ibdem.

tribuição quantitativa dos hidrocarbonetos. O diesel é constituído por hidrocarbonetos referenciados ao $C_{12}H_{26}$, enquanto que os óleos vegetais são formados por triésteres de glicerina e ácidos graxos com cadeias de 10 a 18 carbonos.

Ainda se destaca que os óleos vegetais contêm, essencialmente, glicerídeos além de outros lípidos em pequenas quantidades. Um glicerídeo é formado por três moléculas de ácido graxo e uma de glicerol, podendo variar tanto o tipo do ácido

graxo, que está ligado ao glicerol, como a proporção em que estes ácidos combinam com o glicerol. Essas características são essenciais para que o óleo vegetal possa servir como combustível em motores de combustão interna.

Os óleos combustíveis derivados do petróleo são estáveis à temperatura de destilação, mesmo na presença de excesso de oxigênio. Ao contrário, nos óleos vegetais que contêm triacilgliceróis de estrutura predominantemente insaturada, reações de oxidação podem ser observadas até a temperatura ambiente e o aquecimento a temperaturas próximas a 250°C. Este aquecimento, por sua vez, ocasiona reações complementares de decomposição térmica, cujos resultados podem inclusive levar à formação de compostos poliméricos mediante reações de condensação. A presença de compostos poliméricos aumenta a temperatura de destilação e o nível de fumaça do motor, diminui a viscosidade do óleo lubrificante e acarreta na dimi-

nuição da potência pela queima incompleta de produtos secundários.

A avaliação da qualidade carburante de óleos vegetais é efetuada de forma analítica e está indicada na Tabela-3.6, que mostra os seguintes índices: poder calorífico, índice de cetano, curva de destilação, viscosidade e ponto de névoa. Ela indica que os óleos vegetais têm elevado poder calorífico e alto índice de cetano, o qual é comparável ao do óleo diesel. Do poder calorífico do biocombustível depende a potência máxima a ser atingida pelo motor em operação, enquanto o índice de cetano define o poder de combustão do óleo e seu fator de autoinflamação. Seu valor condiciona o desempenho global do motor, o qual se reflete na partida a frio, no ruído e no gradiente de pressão. Comparados ao óleo diesel, os óleos vegetais apresentam o calor de combustão um pouco menor e o índice de cetano com valor similar, ao redor de 40.

TABELA-3.6. ESPECIFICAÇÕES DE ALGUNS ÓLEOS VEGETAIS E DO ÓLEO DIESEL.

Características	Tipo de óleo vegetal					Óleo diesel*
	mamona	babaçu	dendê	soja	piqui	
Poder calorífico (kcal/kg)	8913	9049	8946	9421	9330	10950
Índice de cetano	nd	38	38-40	36-39	38	40
Viscosidade a 37,8°C (cSt)	285	30,3	36,8	36,8	47,0	2,0-4,3
Ponto de névoa (°C)	10	26	31	13	26	0
Densidade a 25°C	0,9578	0,9153	0,9118	nd	0,9102	0,8497
Destilação a 90% (°C)	nd	349	359	370	nd	338
Teor de cinzas (%)	nd	0,03	0,01	nd	0,01	0,014
Cor (ASTM)	1,0	0,5	1,0	nd	2,0	2,0
Resíduo de carbono**	nd	0,28	0,54	0,54	nd	0,35

*) Piyaporn et alii (1996): óleo diesel comercial com densidade a 20°C. | **) Resíduo de carbono Conradson sobre 10% do resíduo seco (%). | nd = não determinado.

Fonte: MIC (1985a) e MIC (1985b).

A viscosidade, que é a medida da resistência interna ao escoamento de um líquido, constitui outra propriedade intrínseca dos óleos vegetais, indicada na Tabela-3.6. Sua influência no mecanismo de atomização do jato de combustível é considerável, e determina a eficiência do funcionamento do sistema de injeção. Esta propriedade, também se reflete no processo de combustão, de cuja eficiência dependerá a potência máxima desenvolvida pelo motor. Em relação ao diesel convencional, os óleos vegetais apresentam valores de viscosidade bastante elevados, podendo excedê-lo em até 100 vezes, como no caso do óleo de mamona.

O ponto de névoa, que corresponde à temperatura inicial de cristalização do óleo, influencia negativamente o sistema de alimentação do motor, bem como o filtro de combustível, sobretudo quan-

do o motor é acionado sob condições de baixas temperaturas. Esta é, portanto, uma propriedade que desfavorece o uso de óleos vegetais *in natura* em motores do ciclo diesel, particularmente em regiões de clima temperado, pois todos os óleos vegetais até hoje investigados apresentam ponto de névoa superior ao do óleo diesel convencional, conforme pode ser observado na Tabela-3.6. Para evitar os efeitos da solidificação parcial de óleos brutos, deve-se proceder ao seu pré-aquecimento, que pode ser efetuado com a própria água de arrefecimento do motor. Alternativamente, a utilização de aditivos apropriados no óleo vegetal pode conferir-lhe maior fluidez, diminuindo o ponto de névoa e favorecendo o comportamento físico-químico do biocombustível resultante.

As características do biodiesel apresentadas na Tabela-3.7 estão próximas ao óleo diesel conven-

cional. O comportamento dos derivados metanolizados ou etanolizados (biodiesel) de diversos tipos de óleos vegetais, cuja mistura é destilada integralmente

a temperaturas inferiores a 350°C, praticamente fazendo desaparecer o efeito de névoa (MIC, 1985a e MIC, 1985b).

TABELA-3.7. CARACTERÍSTICAS DO BIODIESEL (ÉSTERES ETÍLICOS) DE ÓLEOS VEGETAIS.

Características	Origem do Biodiesel					Óleo diesel*
	mamona	babaçu	dendê	algodão	piqui	
Poder calorífico (kcal/kg)	9046	9440	9530	9520	9590	10824
Ponto de névoa (°C)	-6	-6	6	nd	8	1
Índice de cetano	nd	65	nd	57,5	60	45,8
Densidade a 25°C (g/cm ³)	0,9190	0,8865	0,8597	0,8750	0,8650	0,8497
Viscosidade a 37,8°C (cSt)	21,6	3,9	6,4	6,0	5,2	3,04
Inflamabilidade (°C)	208	nd	nd	184	186	55
Ponto de Fluidez (°C)	-30	nd	nd	-3	5	nd
Destilação a 50% (°C)	301	291	333	340	334	278
Destilação a 90% (°C)	318	333	338	342	346	373
Corrosividade ao cobre	0	0	0	0	0	2
Teor de cinzas (%)	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,014
Teor de enxofre (%)	0	nd	nd	0	0	0,24
Cor (ASTM)	1,0	0	0,5	1,0	1,0	2,0
Resíduo de carbono**	0,09	0,03	0,02	nd	0,01	0,35

*) Diesel tipo C, Instituto de Tecnologia do Paraná (Tecpar, Curitiba, PR). | **) Resíduo de carbono Conradson sobre 10% do resíduo seco (%). | nd = não determinado.

Fonte: MIC (1985b).

Principais Características do Motor Diesel

O motor diesel inventado por Rudolf Diesel, patenteado em 1892, foi inicialmente projetado para utilizar óleo vegetal de amendoim. Uma característica básica do motor diesel original era a existência de uma pré-câmara, na qual o óleo era aquecido e misturado com o ar. Assim, nesses primeiros motores diesel o que entrava na câmara do pistão era uma mistura de gases muito aquecidos, e as longas cadeias carbônicas do óleo vegetal entravam em combustão mais facilmente, evitando o depósito de crostas no pistão e o entupimento dos bicos injetores.

Ao longo do tempo, o projeto original do motor diesel foi sendo alterado para atender aos requisitos dos usuários. No Brasil, o grande número de rodovias e a carência de ferrovias eletrificadas provocam o consumo excessivo de óleo diesel em razão do transporte de cargas pesadas por caminhões. Para adequar o refino do petróleo à realidade nacional, a coluna de destilação das refinarias foi redistribuída para produzir uma quantidade maior de diesel em detrimento da quantidade de gasolina. Como resultado, o óleo diesel ficou mais leve, menos viscoso e de combustão mais fácil. Em consequência a pré-câmara tornou-se desnecessária, e os

motores diesel nacionais passaram a ser totalmente produzidos com injeção direta.

A combustão, no motor diesel, a razão de compressão do combustível no pistão é estabelecida entre 14 a 24, que provoca explosão espontânea da mistura com o oxigênio do ar, tanto do óleo vegetal como do óleo diesel. No motor Otto a razão de compressão é bem menor, variando entre 7 e 10, com a ignição do combustível com o oxigênio do ar sendo provocada por centelhamento elétrico. Em consequência da maior pressão, os motores diesel alcançam eficiências próximas de 40%, enquanto o tipo Otto não ultrapassa os 25% de eficiência (Smil, 1994).

Durante o processo de queima no interior do motor diesel, as temperaturas são elevadas e ocorre um grande turbilhonamento, que colaboram para melhorar a eficiência da reação química. A chama e a elevação da pressão somente acontecem com intensidade após um período de atraso, definida como intervalo de tempo entre o início da injeção e o instante em que a velocidade de crescimento da pressão ultrapassa aquela obtida na compressão, isto é, quando alguma energia já esteja sendo efetivamente liberada. A chama aparece depois que as partículas de combustível ultrapassaram a temperatura de combustão espontânea. Assim, enquanto no motor Otto o início da inflamação do combustível ocorre de uma

ação localizada unicamente no ponto da centelha elétrica, no motor diesel é um processo uniformemente distribuído, que acontece devido ao aumento simultâneo em várias regiões da câmara de combustão. Os fatores determinantes da deflagração são as condições locais das partes da mistura em formação durante todo o processo que condiciona a queima completa, o qual é constituído de três fases denominadas: período de atraso, período de combustão rápida e fase de complementação da combustão.

No período de atraso acontecem às reações preliminares que são anteriores ao aparecimento da chama e após o aquecimento das gotículas. Este intervalo de tempo está relacionado com a temperatura do ar envolvente, a homogeneidade dos componentes e a temperatura das paredes metálicas, que constituem a câmara de combustão, e onde, eventualmente, se choca o jato de combustível. Aqui vale a pena ressaltar que no processo de formação da mistura e início da queima, acontece uma enorme variação da relação ar-combustível, desde o ar puro até uma mistura homogênea altamente combustível.

Durante a combustão rápida, a velocidade de elevação da pressão depende de como evoluiu a fase inicial e, ainda, do estado da carga e da velocidade do motor. Uma situação que se mantém até a pressão atingir o valor máximo, quando, então, inicia-se a terceira etapa. A fase de complementação da combustão envolve o combustível que não encontrou oxigênio suficiente na etapa anterior, ficando a eficácia deste restante de queima na dependência da mistura contida no pistão.

O desempenho do processo de queima depende da calibragem a que foi submetido o motor. Quando o ângulo de atraso supera o de injeção, o combustível se inflama em taxa análoga a que ocorre em auto-ignição de misturas pré-formadas, características do ciclo Otto. A regulagem da injeção antecipada provoca desenvolvimento de taxas de elevação de pressão muito acentuadas, uma vez que a pressão e o turbilhonamento, correlacionados com a posição do êmbolo ainda em ascensão, não são favoráveis à rápida evolução do preparo e da queima das misturas correspondentes. De maneira oposta, a demora excessiva no início da injeção favorece o aparecimento de grandes gradientes de pressão por causa do atraso da inflamação decorrente. No entanto, a pressão máxima é muito menor neste caso, pois o êmbolo já se encontra em descida rápida no curso de expansão, o que implica na queda de liberação de energia pela conseqüente baixa na velocidade da reação de queima.

Assim como a regulagem da centelha é de fundamental importância nos motores Otto, nos de inflamação por compressão é desejável o acerto do ângulo e da duração da injeção, para que a pressão média alta seja alcançada de forma adequada. A eficiência da combustão diesel tem relação direta com o atraso da inflamação, cuja redução pode ser conseguida pelo pré-aquecimento do ar, superalimentação ou aumento da razão de compressão. No primeiro caso há o inconveniente da queda na densidade do ar, e a conseqüente queda da potência do motor. Por outro lado, a taxa de elevação da pressão decorrente da queima aumenta de forma quase constante em função das dosagens ar-combustível, com exceção para as muito pobres, que resultam de uma pulverização insuficiente e de baixas temperaturas do ar e das superfícies metálicas. Tanto uma maior razão de compressão como a superalimentação não interferem acentuadamente na taxa de elevação da pressão, mas, ao incrementar a temperatura do ar no instante da injeção, propiciam um atraso menor e aumentam a pressão máxima. Com relação à pulverização, quanto mais o combustível for dividido, maior será a pressão máxima e o gradiente de pressão, face à rápida e grande liberação de energia. A pulverização fraca provoca o aumento do período de atraso em razão do processo lento de formação de gotículas diminutas.

Desempenho de Óleos Vegetais em Motores Diesel

O uso de óleo vegetal *in natura* como combustível em motores diesel exige um aquecimento prévio para torná-lo compatível com as características do escoamento dos sistemas de alimentação originais destes equipamentos. Ele apresenta o inconveniente de formar lacas e resíduos carbonosos, que obstruem os orifícios de injeção, ou deterioram o óleo lubrificante. Estes depósitos carbonosos ocorrem, principalmente, por causa da viscosidade elevada, que prejudica a pulverização e leva muitas partículas a atingirem as paredes da câmara de combustão, onde acontece a oxidação e a polimerização do combustível. Os depósitos também acarretam no travamento do motor, ao se formarem sobre as válvulas de descarga e nas canaletas dos anéis de compressão. A queima direta de óleos vegetais em motores diesel ainda apresenta o inconveniente da formação de acroleína, com alto potencial cancerígeno e de cheiro desagradável.

Conforme citado anteriormente, a possibilidade do emprego de óleos vegetais em motores die-

sel foi sugerida pelo seu inventor no início do século XX, quando utilizou para testes o óleo de amendoim como combustível (Chalkley, 1911). Com o advento da primeira guerra mundial as experiências foram suspensas, porém após seu término foram efetuadas novas tentativas cujas dificuldades foram observadas por Mathot (1920). Em suas experiências, ele usou motores de dois e quatro tempos. Quanto ao poder calorífico, verificou que os óleos vegetais estavam em pé de igualdade com os minerais, contudo havia a dificuldade da formação de depósitos de carbono e resíduos gordurosos. Segundo o pesquisador, estes problemas poderiam ser contornados mediante a utilização de bons lubrificantes, desmontagem semanal do vaporizador, filtração do óleo vegetal, etc.

Em 1923, Joaquim Bertino de Moraes Carvalho (1936) fez uma conferência, no Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, sobre o emprego de óleos vegetais como combustíveis. Naquela época, foram incrementadas várias experiências com óleo de palma, algodão e amendoim. Em 1924, Lumet comentou que, a partir dos testes feitos até então, ficava demonstrada a possibilidade do uso de óleos vegetais em motores anteriormente ajustados para a combustão do gasóleo mineral.

Na década seguinte, Gautier (1931 e 1933) relatou que poderiam ser utilizados óleos deteriorados ou com alto teor de ácidos gordurosos livres na proporção de 28%, durante um período de 97 horas sem dano algum para o motor. Ainda na mesma década, há menção de ensaios com os óleos de soja e de girassol, além da continuação dos testes com os óleos de palma e amendoim. Schmidt (1932 e 1933), realizando ensaios num motor Mercedes-Benz de 16 HP e 750 rpm, verificou algumas perturbações por causa da alta viscosidade dos óleos vegetais, e indicou que um pré-aquecimento poderia resolver o problema. Ele também constatou que a pulverização destes óleos era deficiente, e concluiu pela necessidade de alterações na bomba de injeção do combustível. Ponchon (1934) deduziu que mesmo os óleos vegetais não refinados poderiam ser usados em motores diesel sem modificação alguma dos órgãos de injeção, e sem a necessidade de um óleo especial para a partida do motor.

O estudo feito por Judge (1935) relatou as experiências com os óleos de amendoim, algodão, soja e palma. Ele constatou uma perda de eficiência de 12 a 15%, porém ressaltou ser o óleo de palma eficaz em motores Perkins, apresentando uma exaustão sem fumaça e um consumo de 180 gramas por cavalo vapor por hora. Em ensaios com um motor Gard-

ner de 100 HP, em caminhão de 10 t e percurso de 4,8 km, Judge concluiu sobre a necessidade de pré-aquecimento do óleo vegetal e a utilização do óleo diesel comum para dar a partida. Ele ainda observou um consumo 10% superior ao do óleo mineral.

Manzella (1935) indicou que o óleo de amendoim como combustível não causava dificuldade ou prejuízo, e seu consumo, mesmo superior ao combustível mineral em carga normal, era menor sob carga reduzida. Segundo Manzella, o óleo de amendoim parecia mais vantajoso em motores sob cargas variáveis, em que sua eficiência era maior comparada a do óleo mineral. Tatti & Sertori (1937) relataram a utilização do óleo de amendoim em motores de automóveis de alta compressão e alta velocidade. Segundo estes autores, o óleo de amendoim tinha um ponto de ignição mais elevado do que o óleo mineral, e uma alta viscosidade quando a temperatura desce abaixo de 10°C, sendo, portanto, necessário um pré-aquecimento para facilitar a atomização. Outra dificuldade detectada foi a formação de um depósito nas paredes frias do cilindro pela oxidação do óleo ali injetado.

Para solucionar os problemas encontrados com os óleos vegetais, os pesquisadores apontaram como sugestões: elevar a pressão da injeção, ajustar convenientemente a bomba injetora, e readaptar as dimensões dos orifícios injetores. Na época, Walton (1938) demonstrou que os óleos de índice de iodo mais baixos depositavam menor quantidade de resíduos no motor.

Após terem efetuados testes comparando óleos vegetais a óleos minerais, Hamabe & Nagao (1939) concluíram que a potência e a eficiência térmica eram quase iguais, mas o consumo de combustível era maior e a partida mais difícil. Tais testes foram realizados em um motor diesel monocilíndrico de 10 a 12 HP, 500 rpm, e cilindro de 150 mm de diâmetro e 240 mm de curso. Na ocasião, foi utilizado como combustível o óleo de soja pré-aquecido a 70°C através de uma serpentina imersa na água de refrigeração.

Na década de 40, algumas referências citaram os óleos de girassol e algodão como sem capacidade de atomização, e necessitando de pequenas quantidades de gasóleo para iniciar a ignição. Elas também indicaram a vantagem da adição de álcool no óleo de girassol para evitar o entupimento do atomizador. Os óleos de mamona e de babaçu foram descritos como aqueles com menos problemas de uso.

Em 1942, vinte e quatro óleos vegetais nativos da Índia foram ensaiados por Aggarwal *et alii*

(1952), quando observaram uma exaustão incolor em todos eles, exceto a mamona cuja combustão foi incompleta. No caso do óleo de amendoim o atraso da ignição foi maior do que com óleo diesel. Estes pesquisadores julgaram ser incoerente a rejeição dos óleos vegetais como combustíveis, pois a eficiência podia ser igual, ou mesmo superior a do óleo diesel, caso se adaptasse o motor para as suas características específicas de combustão.

Em 1943, em São Paulo, uma comissão técnica, encarregada pelo Serviço da Produção Industrial da Coordenação de Mobilização Econômica para estudar o aproveitamento dos óleos vegetais como combustíveis, observou o comportamento do óleo de algodão durante o funcionamento de um motor Hércules instalado num caminhão que percorreu 1.200 km. Verificou-se então que o óleo havia deixado uma camada fina de goma nas paredes da câmara de turbulência, enquanto as paredes dos pistões e cilindros apresentaram uma fina camada de fuligem. Numa segunda experiência feita com um motor Perkins de 4 cilindros, 100 mm de diâmetro, a potência máxima do motor aumentou com o pré-aquecimento do combustível entre 60 a 160°C. Os injetores deste motor foram então adaptados ao óleo de algodão, que foi colocado num caminhão e percorreu 3.000 km. Após a desmontagem do motor, não se verificou a presença de gomas, com as válvulas e os mancais apresentando um ótimo estado, mas o óleo lubrificante do carter, ao ser analisado, acusou um teor de 8% do óleo vegetal. A Comissão concluiu pelo pré-aquecimento do óleo vegetal nos motores de alta rotação e pequeno diâmetro, para adequar a viscosidade às características dos atomizadores. Quanto à pressão de injeção, esta deveria ser mantida igual ou superior à estabelecida para o uso do óleo diesel, e as partidas e paradas deveriam ser dadas com óleo mineral.

Na década de 70 a Mercedes Bens do Brasil realizou experiências com óleo de algodão, amendoim, babaçu e soja, em motores diesel do tipo OM-314 e OM-352. Os ensaios foram efetuados com diesel misturado ao combustível vegetal e mostraram uma combustão viável. Embora o índice de cetano fosse inferior, as taxas de compressão foram suficientes para todos os óleos ensaiados. Os problemas observados foram: depósitos nas câmaras de combustão e adjacências, bicos injetores com tendência a entupimento e pulverização deteriorada por causa da formação de trompette de carvão.

De um modo geral, pode-se dizer que o uso de óleos vegetais *in natura* como combustível foi lar-

gamente estudado, e existe uma grande variedade de conclusões e conceitos emitidos por diversos especialistas. As diferenças encontradas se explicam pelos diferentes tipos de motores e de épocas dos ensaios, ou mesmo pela diversidade dos óleos utilizados.

Nos motores diesel com pré-câmara, os óleos vegetais *in natura* apresentaram um bom desempenho. O pré-aquecimento do óleo melhorou a eficiência da queima e reduziu os depósitos nas paredes da câmara de combustão e nos bicos injetores.

No tipo de motor diesel de injeção direta, do qual foi retirada a pré-câmara, o uso do óleo vegetal *in natura* tem queima difícil e incompleta por causa das altas temperaturas da câmara de combustão, com formação de gomas e crostas de carbonização, que ocorrem devido à existência de ácidos graxos insaturados e, em consequência, apresenta vários problemas. As dificuldades são proporcionais ao grau de insaturação do óleo vegetal utilizado. Dificuldade de combustão, especialmente nas proximidades das válvulas de descarga, que compromete a normalidade de funcionamento destas e do próprio motor. Entupimento dos bicos injetores que, sobretudo, ocorre quando o óleo vegetal tem alto índice de insaturação, o qual, por sua vez, favorece as reações de polimerização. Diminuição do rendimento do motor e aumento consequente do consumo, resultantes do insuficiente índice de cetano, inerente às características dos óleos vegetais. Necessidade de regulação especial no sistema de injeção do motor para cada tipo de óleo vegetal. Diminuição do tempo de troca do óleo lubrificante, especialmente quando este for de alta taxa de aditivização. Diminuição da vida útil do motor no caso de óleo de elevado índice de ácidos graxos livres. Emissões de produtos tóxicos, onde se incluem a acroleína e certas substâncias orgânicas, resultantes de uma combustão incompleta. Sendo adequado acrescentar que os óleos brutos, com alto teor de moléculas insaturadas, não são adequados para operação como combustíveis em motores diesel. Ex. Soja, Algodão, Colza, Girassol.

Atualmente, para tornar possível a utilização de óleos vegetais como combustível existem sete opções: 1) adotar o projeto original do motor diesel, no qual existia uma pré-câmara de combustão, e, ainda, efetuar alguns aperfeiçoamentos no circuito de alimentação do combustível para melhorar o desempenho do óleo *in natura*, como foi feito no Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad), do Governo da França; 2) utilizar o motor multicomcombustível do tipo elsbett; 3) incorporar um kit para óleo vegetal *in*

natura, que inclui neutralização e degomagem para reduzir os problemas na bomba injetora e ajudam a reduzir os depósitos de carvão, e ainda o aquecimento do óleo para reduzir os problemas de viscosidade e do ponto de fusão; 4) misturar apenas pequenas proporções de óleo vegetal *in natura* no óleo diesel; 5) desenvolver e utilizar um aditivo para o óleo *in natura*, e destinado a evitar a formação de depósitos; 6) craquear o óleo vegetal para obter gasolina, querosene e diesel vegetais; 7) por meio da transesterificação, transformar o óleo vegetal em ésteres com características semelhantes às do óleo diesel.

Motor Diesel com Pré-Câmara para Óleo Vegetal *In Natura* com Garantia do Construtor

Na Europa, alguns modelos de motores diesel são fabricados com pré-câmara, que possibilita o uso do óleo vegetal *in natura*. Nesta linha, o Cirad, desenvolveu um kit para tornar esses motores ainda eficientes com o óleo *in natura*. A adaptação consiste em introduzir diversos equipamentos para melhorar o bombeamento, e aumentar a temperatura do óleo e a eficiência da queima. São incluídos no circuito de alimentação do combustível uma segunda bomba e um segundo filtro, que têm o papel de incrementar a pureza do combustível conforme as especificações dos fabricantes. Esses componentes adicionais no motor também evitam presença de micro-sólidos resultantes da baixa pureza dos processos semi-industriais de produção de óleos vegetais.

Tais modificações foram desenvolvidas pelo Cirad há mais de 20 anos, e, desde então, são adotadas em locais isolados da Oceania e do Extremo Oriente, para mover tratores ou gerar energia elétrica com óleo vegetal *in natura*, sempre mantendo a garantia dos fabricantes dos motores. O uso dessa tecnologia no Brasil somente seria viável caso aqui fosse fabricado este tipo de motor diesel com pré-câmara, ou desenvolvido um kit para adaptar uma pré-câmara no cabeçote dos motores nacionais de injeção direta.

Motor Diesel Multicombustível Tipo Elsbett

Para viabilizar o uso do óleo vegetal em motores diesel de injeção direta, em 1982, o alemão Ludwig Elsbett introduziu algumas modificações no sistema de injeção e na câmara de combustão, com destaque para um recipiente na cabeça do cilindro onde a explosão passou a ocorrer. O pistão

foi construído utilizando dois tipos de material: a cabeça, de ferro fundido, e a saia de alumínio. Entre essas duas partes foi introduzido um pino que permite uma leve articulação entre elas, equilibrando as forças e eliminando parte do atrito do pistão com o cilindro. A câmara de combustão foi tornada esférica e embutida na cabeça do pistão. A existência de uma parte em ferro fundido tem a vantagem de permitir temperaturas maiores que o alumínio e reduzir as perdas de calor.

No motor tipo elsbett, o bico injetor e a admissão de ar foram projetados para produzir uma alta vorticidade na câmara de combustão, e manter a velocidade angular constante. Um jato de ar frio foi induzido num dos lados da câmara de combustão e direcionado para o centro do pistão, em quantidade suficiente para que o excesso forme uma camada isolante na região mais externa do vórtice. Ocorre, então, a produção de uma zona de alta temperatura de combustão, sem excesso de ar na área central da câmara de combustão (mistura estequiométrica), envolvida por uma camada de ar bem menos quente que é utilizada gradualmente, mas não completamente pela queima. Em consequência, as alterações no pistão, e no sistema de injeção, produzem na câmara de combustão uma camada externa de ar menos quente que isola termicamente a região central, em que se desenvolve a explosão do combustível a uma alta temperatura.

Um importante elemento para viabilizar o emprego de óleos vegetais no motor elsbett é a existência de uma haste no bico injetor, cuja função é evitar o entupimento por causa do depósito de resíduos da combustão. Por causa da combustão duotérmica, e ao material empregado na confecção do motor, ocorre uma diminuição nas perdas de calor. Enquanto nos motores convencionais as perdas de energia da combustão são da ordem de 32%, nos motores elsbett, apenas 15% não é aproveitada.

Esses motores de tecnologia elsbett existem no mercado com capacidades de até 140 HP. Eles são adequados para tarefas em que a demanda requerida não tenha grande variação, e o funcionamento esteja sempre próximo da potência nominal do equipamento, porque quando operados em regime variável, produzem muita acroleína.

No início da década de 90, na cidade de Schönebeck, também na Alemanha, foram implementadas algumas modificações no motor elsbett, que o tornou mais robusto, com maior eficiência e maior potência. Isso somente foi possível porque a indústria Diesel Motorem Schönebeck (DMS, hoje

AMS) era fabricante de motores diesel de ferro fundido, que permite uma temperatura de funcionamento maior do que nos motores de duralumínio, utilizados pelo Elsbett. Para isso, a DMS manteve a cavidade no cilindro e acrescentou um segundo bico injetor em cada cilindro. Também foi adicionada uma segunda bomba de combustível com mais um filtro acoplado, e o óleo lubrificante do motor passou a funcionar como veículo trocador de calor, permitindo aumentar a temperatura do refrigerante de 100°C para 120°C. Isso facilitou a combustão, e aumentou a eficiência do sistema, que passou a produzir 1 kWh com apenas 0,28 gramas de óleo vegetal.

Tanto no caso dos motores DMS, como no tipo elsbett, o óleo vegetal deve ser de boa qualidade para não danificar o sistema de injeção e permitir uma queima mais eficiente. Assim, na utilização de óleos vegetais com acidez elevada o impacto do aumento do custo do combustível vegetal, devido ao processo de refino, deve ser cuidadosamente avaliado porque pode inviabilizar economicamente o sistema. Por outro lado, o uso desta tecnologia no Brasil somente seria viável se aqui fossem fabricados motores diesel com carcaça de ferro fundido.

Cabe citar que no Brasil existem três motores de tecnologia DMS sendo utilizados. Uma dessas unidades está funcionando na fazenda Pata do Lobo no norte do Mato Grosso. Outro equipamento está instalado na empresa Dendê do Pará S/A (Dempasa), em Acará, no Pará. O terceiro grupo-gerador multicom combustível pertence ao “Projeto Equinócio” da UnB, integra o “Projeto de Óleos Vegetais” da UFAM e está funcionando na comunidade do Roque, na Reserva Extrativista do Médio Juruá. O grupo motor-gerador que funciona no norte do Mato Grosso tem utilizado óleo de soja e milho, o da Dempasa usa óleo de dendê, e o da comunidade do Roque adota o produto dos diversos frutos oleaginosos da floresta nativa da Amazônia.

Kit para Motor Diesel de Injeção Direta Utilizar Óleo Vegetal *In Natura*

Na Alemanha existem vários tipos de kits de conversão de motores diesel de injeção direta para uso de óleo vegetal *in natura*, que podem ou não alterar a câmara de combustão. O kit de conversão simples não altera a câmara de combustão, e somente introduz alguns dispositivos no circuito de alimentação do combustível, mas sua eficiência é baixa. O kit mais completo, além dos acréscimos no circuito de alimentação, inclui melhorias na câmara de combus-

tão, geralmente, introduzindo uma placa refratária na cabeça do pistão para reduzir as perdas de calor e aumentar a temperatura da combustão.

No kit de conversão simples, os principais elementos adicionados são: um segundo tanque de combustível, chamado de tanque de serviço, uma segunda bomba dotada de filtro e um sistema automático para alimentar o motor com óleo diesel durante a partida e a parada. Nesse tanque também passa a água de circulação do motor. Ao ser aquecido, a viscosidade do óleo vegetal se aproxima ao valor da viscosidade apresentada pelo óleo diesel à temperatura ambiente e melhora a combustão, reduzindo a formação de resíduos nas partes internas do motor. A filtragem do óleo *in natura* contribui para evitar entupimentos nas passagens pelas canalizações, bombas, etc. O uso do óleo diesel durante a partida e a parada impede a formação de depósitos nos momentos em que o motor está frio.

A adaptação de motores diesel de injeção direta para óleo vegetal *in natura* que está sendo desenvolvida pelo Cirad tem buscado aumentar a eficiência do processo adicionando mais um filtro no sistema de alimentação do combustível e uma placa refratária na cabeça do pistão, além de outros dispositivos destinados a otimizar a eficiência da combustão em condições de carga variável. Mesmo com todas as modificações introduzidas pelo Cirad, os testes que estão sendo conduzidos há mais de dez anos em diversos motores, inclusive em carros, vêm demonstrando uma eficiência duvidosa.

Desse modo, a falta de modificação na câmara de combustão da maioria dos kits disponíveis no mercado indica uma baixa possibilidade de sucesso para o uso do óleo vegetal *in natura*. Na Amazônia, a maior dificuldade reside no grande número de espécies oleaginosas, cujos tipos diferentes de óleos vegetais, com especificações distintas, tornam bastante complexa a calibragem tanto do kit como do próprio motor.

No Brasil, o programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, através do projeto nº 10 “Programa para geração de energia a partir de óleos vegetais na Amazônia através da adaptação de motores diesel existentes”, proposto pelo IEE/USP, vem estudando o emprego de kits para tornar possível o uso de óleos vegetais *in natura* em motores estacionários de grupos-geradores. O trabalho está sendo executado pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (Cenbio) sob a coordenação da Professora Suani Teixeira Coelho, e pretende atender a comunidade de Santa Maria do Mirindeua, que se encontra no município

de Mojú, no Pará, com um grupo-gerador de 115 kW alimentado por óleo de palma.

O projeto do IEE/USP, para uso de kit conversor simples, tem a relevância de possibilitar o desenvolvimento de um equipamento nacional, que poderá reativar qualquer grupo-gerador diesel abandonado nos confins da Amazônia, ou implantar novos grupos-geradores em comunidades isoladas, utilizando óleos vegetais *in natura* produzidos localmente. Por outro lado, permitirá criar um modelo para suprimento de energia a comunidades isoladas por meio de óleos vegetais *in natura*, incluindo análise da viabilidade técnica e econômica e dos aspectos sócio-ambientais. Caso essa proposta seja bem sucedida, será uma solução de impacto positivo para o atendimento das regiões isoladas do Brasil.

Misturas de Óleo Diesel e/ou Aditivos no Óleo Vegetal *In Natura*

A mistura de uma pequena quantidade de óleo vegetal *in natura* no óleo diesel é bem tolerada até a proporção de 2%. Acima deste valor começam a ocorrer depósitos nas paredes dos cilindros e nos bicos injetores.

Há vários tipos de misturas que têm sido experimentadas e relatadas. Algumas composições adicionam ao óleo vegetal *in natura* uma parte de gasolina e outra de álcool em proporções que variam de caso para caso. Ainda existem as combinações que integram produtos mais voláteis, como éter, porém com grande dificuldade para ser posta em prática. Embora as possibilidades sejam muitas, as alternativas têm recebido pouco acompanhamento científico, e não há base para indicação positiva.

Por fim, existem aditivos com fórmulas secretas, que prometem eliminar os depósitos nas câmaras de combustão e nos bicos injetores. Geralmente, estas opções são patenteadas, e incluem gasolina, álcool e um terceiro composto (Peterlowitz, 2004). No entanto, por serem pouco testadas em ambientes controlados não podem ser indicadas.

Obtenção de Biocombustíveis Por Meio da Pirólise ou do Craqueamento

Ao se aplicar transformações térmicas ou catalíticas aos óleos vegetais *in natura*, eles podem ser transformados em misturas de hidrocarbonetos, a partir das quais se obtém gasolina, querosene e diesel vegetais.

Entre as transformações térmicas, encontra-se a descarboxilação dos óleos por pirólise, que produz hidrocarbonetos semelhantes em composição às frações médias do petróleo. Este produto representa algo parecido com a gasolina e com o óleo diesel, e vem sendo pesquisado desde a década de 20. O rendimento de cerca de 70% na conversão de óleo vegetal em óleo pirolisado é bastante significativo, quando se observa o fato de ser uma conversão de material com menor valor energético em outro de maior conteúdo. No entanto, a pirólise de óleos vegetais em pequenas unidades de transformação não pode ser considerada como um processo alternativo de obtenção de um combustível vegetal, porque é unicamente uma decomposição térmica do óleo vegetal, cuja orientação e controle não são suficientes para manter as especificações necessárias ao bom funcionamento dos motores.

Outro processo térmico é o craqueamento de óleos vegetais, que envolve uma decomposição orientada e controlada do óleo vegetal, por via de um catalisador a uma temperatura bastante elevada. O processo produz simultaneamente três biocombustíveis: o gás, como um sucedâneo do gás de cozinha (gás liquefeito do petróleo – GLP), a gasolina, e o óleo diesel.

O craqueamento catalítico de óleos vegetais é simplesmente a redução do seu peso molecular, sendo duas fases líquidas condensadas na temperatura ambiente e uma terceira, mais leve, na forma de gás. Nesse processo, a acidez do óleo vegetal influi pouco. É uma rota térmica com temperatura bastante elevada, entre 400 e 500 °C, que requer equipamentos adequados para controlar o reator, evitar perdas de energia e observar a segurança do processo. Isso significa o uso de sensores de temperatura, e a adoção de controles de fluxo de energia para manter a estabilidade e a continuidade da reação. Na prática, somente 50% a 70% do óleo vegetal será transformado em biocombustível líquido como diesel ou gasolina, e o restante ficará constituído por gases “ricos”, com alto teor calorífico, que podem ser aproveitados no mesmo local para o aquecimento do próprio reator e com a energia excedente gerar eletricidade.

O processo de craqueamento exige a presença de um catalisador, que deve ser reativado diariamente com “queima” do inevitável depósito de coque pela simples passagem do ar *in situ*. Existem vários tipos de catalisadores, todos da mesma linha dos que são utilizados no processamento do petróleo, e por essa razão fabricados em grande quanti-

dade no mundo. Destaca-se que esse procedimento requer condições bem específicas e deve ser supervisionado por um químico treinado.

Caso a operação de craqueamento não seja rigorosamente correta, existe o risco de uma produção significativa de acroleína com elevado potencial cancerígeno, que inviabiliza seu uso de forma simples em comunidades pequenas e isoladas. Para o controle rigoroso são exigidos equipamentos de primeira linha e pessoal treinado, cujos custos somente são justificados quando a escala do processo é suficientemente grande, ou seja mais de uma tonelada por dia. Mesmo apresentando estas dificuldades, o craqueamento é um processo que merece ser considerado, pois permite a independência energética em locais remotos, quando viabiliza o uso do óleo vegetal em todos os tipos de motores sem precisar de qualquer adaptação.

Segundo Pioch (2004), em relato efetuado durante o Saecx'04, sobre os óleos de copra e a estearina de palma, a principal fração líquida está contida em uma fase orgânica responsável por 53% a 55% da massa total inicial. O baixo nível de acidez dessa fase orgânica condensada (FOC), e o fato de não apresentar glicerídeos ($C=O$) e não incluir ($C-O-C$), indica que ocorre a transformação termocatalítica de quase todos os grupos carboxílicos. Assim, a FOC contém mais do que 96% de hidrocarbonetos. Além da FOC, o condensado integra uma fase aquosa de cerca de 8% da massa total. A formação de água não pode ser evitada nesse processo, por causa da presença dos átomos de oxigênio do grupo de ésteres responsável por 13,5 e 11,2% dos substratos iniciais de copra e palma respectivamente. A fase de água se separa facilmente no condensador. O oxigênio restante se encontra nos produtos gasosos, principalmente na forma de monóxido de carbono e dióxido de carbono, e também como vapor d'água. Os gases do craqueamento, que representam 33-35% da massa inicial, têm um elevado teor de hidrocarbonetos: 74% para copra e até 84% para estearina de palma. A existência de coque como subproduto sobre a superfície do catalisador, representando cerca de 4% da massa inicial, que não pode ser evitada durante o processo catalítico, principalmente para o grupo amorfo de silicato de alumínio, ao qual pertence o catalisador de baixo custo escolhido para as seqüências relatadas. A atividade decrescente de craqueamento do catalisador, em razão da formação de coque, é totalmente recuperada pela queima deste por 2 horas a 550°C, com uma corrente de ar.

Essa alternativa de substituição do óleo diesel do petróleo adotando o craqueamento catalítico

foi pela primeira vez adotada na China e nas colônias francesas da África, durante a Segunda Guerra Mundial. O processo tem a vantagem de dispensar o uso de etanol ou de metanol, resultando em facilidades e simplificações sistêmicas importantes na Amazônia. Quando o processo é bem operado, os combustíveis são idênticos aos equivalentes do petróleo, com a vantagem de não possuírem enxofre, que é um forte poluente atmosférico.

As transformações catalíticas são mais promissoras do que as térmicas, em consequência do progresso até hoje realizado, o qual tem propiciado sensíveis melhorias no rendimento da catálise. Para evitar confusões terminológicas, não é recomendável designar de biodiesel o óleo diesel vegetal obtido por craqueamento, uma vez que é um produto quimicamente diferente, e a designação "biodiesel" constitui uma definição contida em normas internacionais para os ésteres obtidos de óleos vegetais pelo processo de transesterificação. Sugere-se que o óleo diesel vegetal obtido por craqueamento termo-catalítico, ou por pirólise, seja designado de "pirodiesel".

Obtenção de Biodiesel

O processo de transesterificação, que produz um combustível semelhante ao óleo diesel, e chamado de biodiesel, consiste em aquecer o óleo vegetal bruto, permitindo que os glicerídios sejam submetidos ao ataque do etanol em meio ácido ou básico. O álcool etílico, ou eventualmente metílico, é misturado na proporção aproximada de 10% a 15%. Essa mistura, na presença de um catalisador, que pode ser hidróxido de sódio ou de potássio, faz o álcool gerar o biodiesel e, ainda, glicerina como subproduto. A reação se completa após 4 ou 5 horas na temperatura de 100 °C, seguindo-se de imediato a destilação do excesso de álcool não consumido.

Os ácidos graxos que esterificam o glicerol apresentam, na maioria das vezes, cadeias alifáticas saturadas mas, freqüentemente, estão presentes cadeias insaturadas. Ocasionalmente podem ser encontrados ácidos graxos cujas cadeias inserem ligações triplíplices carbono-carbono, ou mesmo grupos substituintes com heteroátomos, ou não. Estes grupos podem ser a hidroxila, ou grupo ceto e anéis pentacíclicos ou epóxidos. As diferenças funcionais entre os ácidos graxos constituintes dos óleos vegetais é que determinam as variações em certas propriedades destes óleos, tais como ponto de fusão, calor e peso específicos, viscosidade, solubilidade, reatividade química e estabilidade térmica.

Nos ésteres de óleos vegetais, o menor número de átomos de carbono, em relação aos óleos originais, confere propriedades parecidas com as do óleo diesel. Por essa razão, eles têm um comportamento melhor, tanto em relação ao fluxo de alimentação quanto na combustão.

Existem quatro tipos de reações parecidas envolvendo adição ou troca de radicais alquila no resíduo carboxila de ácidos gordurosos: alcoólise, esterificação, acidólise e interesterificação.

Dessas quatro reações, a mais comum é a alcoólise, esquematizada na Figura-3.38, que significa a transesterificação de um óleo com monoálcoois, especificamente o metanol ou o etanol, que promove a quebra da molécula dos triglicídios, gerando mistura de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos correspondentes, liberando glicerina como subproduto. O peso molecular desses monoésteres é próximo ao do óleo diesel.

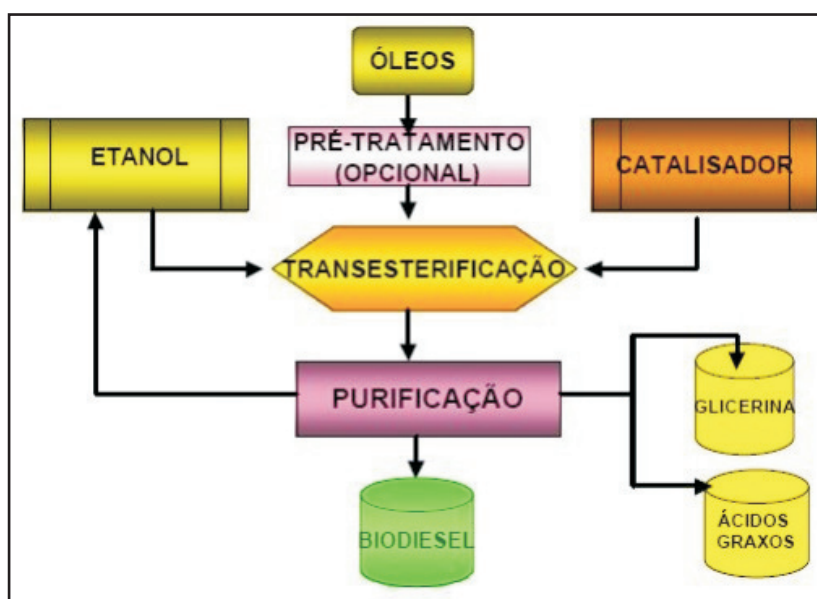


Figura-3.38. Esquema de produção do biodiesel.
Fonte: Gonzalez (2006).

As etapas de produção estão repartidas em reação, recuperação do álcool, decantação e controle de qualidade. A reação pode ser por batelada. A recuperação do álcool se processa por eliminação do álcool excedente com reciclagem completa por meio do ciclo seguinte. A decantação realiza a separação contínua das fases de glicerina e éster etílico, este último a partir do etanol. O controle de qualidade é feito observando os parâmetros de qualidade.

A mistura de combustível resultante da transesterificação é constituída de ésteres com cadeias de 14 a 20 átomos de carbono, e se assemelha aos hidrocarbonetos de cadeia grande, presentes nos óleos do petróleo. Seu poder calorífico fica apenas 16% abaixo do observado no óleo diesel. O combustível assim produzido tem características de queima independentes da espécie vegetal utilizada, e requer apenas que os motores diesel sejam especificamente regulados. No entanto, uma única regulagem serve para compatibilizar o motor diesel aos ésteres obtidos a partir de diferentes tipos de óleos vegetais.

A transesterificação tem várias vantagens técnicas que a tornam preferencial como tecnologia para

viabilizar o uso de óleos vegetais em motores. Ela não produz rejeito líquido e apresenta grande simplicidade de construção e de utilização. O biodiesel é um produto de alta qualidade.

O biodiesel é indicado como a melhor solução tecnológica para a substituição do óleo diesel do petróleo por um combustível renovável, já sendo suficientemente testado e aceito em outros países. Também é fácil demonstrar que o uso do biodiesel constitui a solução ideal para a substituição do diesel na Amazônia, quando biocombustível recebe as condições mínimas para a sua produção. No entanto, as dificuldades inerentes à própria Região obrigam a expressar algumas considerações adicionais antes de adotá-lo como uma solução para ser aceita sem restrições.

Como se sabe, a produção de biodiesel impõe a participação de um álcool como coadjuvante do processo, no caso, o álcool etílico anidro ou o etanol, que são raros na Amazônia. Além disso, por questões éticas, a solução fica limitada ao uso do álcool etílico, pois o uso do venenoso metanol, de aparência e gosto semelhantes

ao etanol, certamente provocaria uma multidão de cegos e inúmeros mortos na população amazônica. Sendo assim, é preciso considerar a viabilidade de se produzir localmente o álcool etílico anidro, ou então transportá-lo de fontes externas. Na verdade, esta questão pode ser de fácil solução, pois na Amazônia é comum se encontrar pequenas plantações de cana-de-açúcar para produção de rapadura, que representa o início do processo de fabricação do álcool etílico.

Outro aspecto que influi muito na eficiência da transesterificação é a qualidade do óleo. Se a acidez é baixa, pode ser usado um catalisador básico, e a reação se processa com facilidade. Para um óleo de qualidade inferior, a acidez é elevada e requer um catalisador ácido para não formar sabão, mas acarreta em problemas de corrosão. O catalisador ácido também resulta no aumento para além do dobro no tempo da reação, com o conseqüente maior consumo de álcool e de energia, e ainda uma purificação final mais complicada. Para evitar esses problemas com os óleos de acidez elevada, nos EUA e na Europa, os óleos de colza e de soja são semi-refinados antes de serem transesterificados. Aliás, pode-se antecipar que a coleta de frutos oleaginosos, sem os devidos cuidados para evitar o ataque de enzimas, favorece o aumento da acidez.

Por último, deve ser considerado que o processo de transesterificação não é simples, pois requer um controle rigoroso da operação e do manuseio de substâncias perigosas. Em conseqüência, existe a necessidade de instalações com equipamentos robustos, precisos e seguros, e ainda de pessoal qualificado, cujos custos somente poderão ser compensados a partir de uma dimensão mínima de produção. Aliás, a segurança desse tipo de instalação é um aspecto amplamente previsto na legislação, e que deve ser rigorosamente observado.

A viabilidade da transesterificação em comunidades isoladas da Amazônia rural é alvo do projeto nº 11 “Geração de Energia a Partir de Oleaginosas da Amazônia”, de autoria do Instituto Militar de Engenharia (IME), e financiado pelo programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003. O trabalho é coordenado pela Professora Wilma de Araujo Gonzalez, e recebe o apoio do Fumin/BID. A usina de transesterificação foi implantada e já se encontra em operação na Estação Experimental da Embrapa Ocidental no Rio Urubu, que fornecerá o óleo de dendê ao projeto a partir de uma planta industrial de extração da própria Estação. A comunidade beneficiada, São Francisco de Mainá, está situada a cerca de uma hora de barco. O Projeto tem concepção simples e servirá

de referencial para a viabilidade do processo de transesterificação em pequenas comunidades isoladas no interior da Floresta.

Um segundo projeto sobre transesterificação em comunidades isoladas da Amazônia rural, está sendo implementado através do projeto nº 02 “Produção Sustentável de Biodiesel a partir de Oleaginosas da Amazônia em Comunidades Isoladas da Reserva Extrativista do Médio Juruá”, o qual foi formulado no Departamento de Engenharia Elétrica da UFAM e está sendo financiado pelo programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003. O trabalho tem a coordenação do Professor José de Castro Correa, e, também, recebe apoio do Fumin/BID. A pesquisa está destinada para comunidade do Roque, situada na REMJ, e vem sendo executada em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), tendo por objetivo substituir o óleo diesel usado no grupo-gerador por biodiesel produzido na própria comunidade. O biodiesel já foi produzido nas instalações do Inpe em Manaus e deve ser levado para o Roque em breve.

BIOCOMBUSTÍVEIS SÓLIDOS E DERIVADOS GASOSOS

Os biocombustíveis sólidos podem ter diversas origens: plantas, árvores, dejetos humanos ou de animais, o beneficiamento de frutos oleaginosos ou de produtos agrícolas, etc. O caule das árvores é aqui tratado apenas a título informativo, pois, no caso da Amazônia, deve ser considerado com todo um processo de manejo florestal, que foge ao escopo deste resumo. Contudo, o uso de gaseificadores será analisado uma vez que atende a todo tipo de resíduos, desde que esteja seco e compactado. Os biocombustíveis sólidos de resíduos da extração de óleos vegetais serão analisados de forma particular. Aliás, estes resíduos são produzidos em volume considerável, pois a torta do beneficiamento de frutos oleaginosos representa de 75 a 96% da massa total, e, ainda, tem a vantagem de possuir um elevado teor energético.

O uso energético da lenha, em princípio, apresenta um impacto ambiental reduzido, porque caracteriza um ciclo fechado, com a energia solar através da fotossíntese consumindo o CO₂ da atmosfera, ao mesmo tempo em que o oxigênio vai sendo liberado. Dessa maneira, o dano ecológico do uso deste combustível deveria ser pequeno, porém sua obtenção nem sempre ocorre de maneira racional, e provoca alterações ambientais consideráveis. Por exemplo, o corte indiscriminado de florestas naturais, sem respeitar o tempo de reposição,

tem ocasionado o esgotamento destes recursos naturais e acarretado em erosão, desertificação do solo, etc. Além disso, as plantações energéticas, como a monocultura do eucalipto, alteram de forma significativa a fauna da região em razão do desaparecimento de aves e outros animais, assim como a proliferação desproporcional de alguns tipos de insetos.

Por outro lado, o uso energético dos resíduos do processamento industrial dos frutos da floresta acarreta em risco ecológico adicional, desde que a coleta da produção natural seja efetuada de modo a garantir a sustentabilidade do ecossistema local. Para isso, geralmente, existe a recomendação de somente coletar até o limite de 30% da produção nativa, de forma a deixar os restantes 70% para serem aproveitados pelo meio ambiente.

Resíduos do Beneficiamento de Frutos Oleaginosos

A primeira etapa do beneficiamento dos frutos oleaginosos separa as polpas e as outras partes com conteúdo de óleo vegetal. Após a separação do óleo vegetal pela prensagem, essa massa forma uma torta ainda com algum óleo vegetal, que não chega a ser extraído por limitações tecnológicas e operacionais dos equipamentos. Desse modo, a torta permanece com um valor calorífico significativo, ao redor de 2.000 cal/g, pois ainda contém uma parte do óleo vegetal, que não pode chegar a ser extraído.

Algumas cascas têm alto conteúdo calórico, como do babaçu, que ultrapassa 4.000 cal/g, e têm emprego tanto em fornalhas de usinas siderúrgicas como em caldeiras para produção de vapor. As cascas muito ricas em carbono também podem ser usadas para produção de carbono ativado de alto valor de mercado.

Entretanto, a composição dos frutos e o aproveitamento de cada uma de suas partes requerem estudos detalhados, que ultrapassam o alcance deste trabalho.

Caldeira Acoplada à Turbina a Vapor e Gerador de Energia Elétrica

Apesar da baixa eficiência do ciclo termodinâmico de pequenas caldeiras e turbinas a vapor, e, conseqüentemente, do elevado consumo específico de vapor, esta tecnologia ainda tem se mostrado a mais adequada para a região amazônica. De fato, esse atrativo resulta na relativa simplicidade de operação e manutenção, que é somada a viabilidade econômica desse sistema de geração de energia elétrica. Além disso, elas reduzem o passivo ambiental por causa das perdas elevadas do desdobro e beneficiamento da madeira.

O parque industrial nacional já dispõe de caldeiras geradoras de vapor, assim como de máquinas, turbinas a vapor e seus periféricos. Essa realidade possibilita a implantação de sistemas de geração de energia em vários níveis de solicitação de demanda, desde 50 kW até 30 MW. Como se trata de tecnologia consolidada e de fácil implantação, seu estudo neste trabalho dará ênfase as aplicações existentes na Amazônia.

Atualmente, existem dez usinas de geração de energia elétrica à biomassa em funcionamento na Amazônia. Elas alimentam plantas industriais de empresas madeireiras, que figuram como autoprodutoras de energia de parte ou da totalidade de sua demanda, com potência desde 200 kW até 3 MW. A Tabela-3.8 apresenta um total de 22 MW em unidades termelétricas desse tipo, alguns atendendo indústrias isoladas do setor elétrico.

TABELA-3.8. USINAS TERMOELÉTRICAS À BIOMASSA EM FUNCIONAMENTO NA AMAZÔNIA.

Propriedade	Local de Instalação	Potência (MW)	Registro ANEEL
BK Energia São José do Rio Claro S.A.	Itacoatiara-AM	9,0	sim
Maggi Energia S.A.	Itacoatiara-AM	5,0	sim
Tramontina Belém S.A.	Belém-PA	1,5	sim
Pampa Exportações Ltda.	Belém-PA	0,4	sim
Biomass Users NetWork do Brasil-BUN.	Manaus-AM	0,027	sim
Floraplac Industrial Ltda.	Paragominas-PA	1,25	sim
Nordisk Timber Ltda.	Belém-PA	0,2	não
Intel Ltda.	Breves-PA	0,7	não
Madenorte S.A.	Breves-PA	3,0	não
Serraria Nova Conceição Ltda.	Tomé-Açú-PA	1,0	não

Fonte: Rendeiro (2004).

Um desses sistemas de geração de eletricidade com caldeira e turbina a vapor foi implantado na Ilha de Marajó, no município de Breves, pelo Grupo de Energia Biomassa e Meio-Ambiente (EBMA), do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará (UFPA). Este estudo integra o programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, que financia o projeto nº 16 “Queima de Biomassa em Caldeira/Turbina a Vapor na Ilha de Marajó”, que também agrega recursos do Fumin/BID. O trabalho é coordenado pelo Professor Gonçalo Rendeiro, e tem por objetivo fornecer energia para o beneficiamento dos produtos nativos.

O projeto de biomassa do Grupo EBMA visa à implantação de uma unidade de geração de energia elétrica a partir da queima de biomassa acoplada a uma usina de extração de óleo vegetal, fábrica de gelo e câmara frigorífica numa comunidade isolada na ilha do Marajó. O atendimento da carga industrial e de mais 11 moradias está sendo efetuado por uma caldeira acoplada a uma turbina movida a vapor de 200 kW de potência. O uso e a gerência dos equipamentos estão a cargo da Cooperativa Multiprodutos de Santo Antônio (Cmsa), que foi criada para esse propósito e terá o acompanhamento do EBMA. A potência de 200 kW representa um dos aspectos inovadores do projeto, porque as unidades termelétricas em funcionamento em outros locais são de potência mais elevada, a maioria em sistemas de co-geração da indústria sucro-alcooleira.

Ainda no campo da avaliação tecnológica de caldeira e turbina a vapor no ambiente da

Amazônia, o programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003 está apoiando o projeto nº 17 “Implementação de Usina Termelétrica de 200 kW a Partir do Aproveitamento de Resíduos da Extração de Madeira Sustentável”, no Estado do Pará, o qual também recebe financiamento do Fumin/BID. Esse projeto está sendo coordenado pelo Professor José Roberto Moreira do IEE/USP, que deverá implantar um grupo termelétrico para ser alimentado por resíduos de uma indústria madeireira, e constituído de caldeira e turbo-gerador a vapor de 200kW, cuja potência, igualmente, representa um caráter inovador do projeto.

Fornalha e Motor Stirling

O uso de fornalha e motor stirling, apresentado na Figura-3.39, é outra tecnologia ligada ao aproveitamento de resíduos da biomassa. Ela representa um motor de combustão externa, criado pelo pastor escocês Robert Stirling em 1816, com ciclo fechado Stirling de quatro tempos, que efetua compressão, aquecimento, expansão isotérmica e resfriamento. Nela, o gás é alternativamente comprimido em um cilindro frio e expandido em um cilindro quente, conforme a Figura-3.40. A grande vantagem é que o calor passa para o cilindro quente através de um trocador de calor desde uma fonte externa com temperatura entre 680 a 780 °C, e a energia térmica que não é transformada em trabalho no eixo, é, em seguida, rejeitada para um fluido frio entre 25 a 75 °C (Lora *et alii*, 2006).

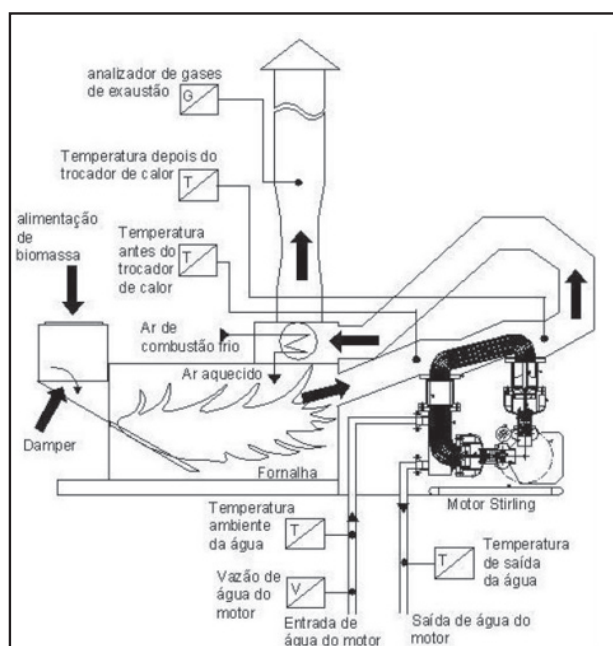


Figura-3.39. Sistema de queima de biomassa.
Fonte: Lora *et alii* (2006).

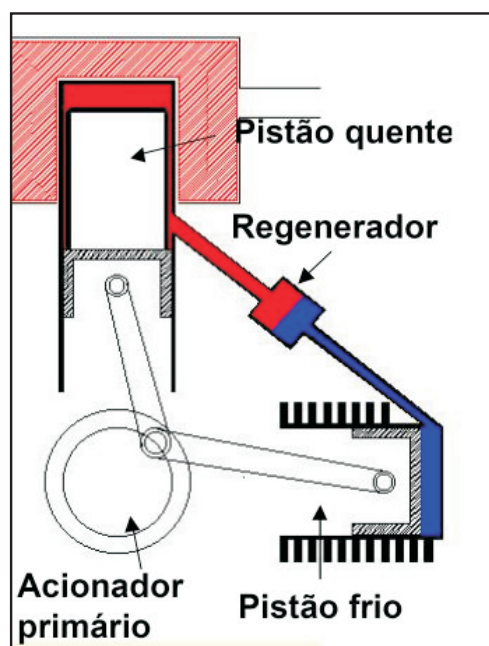


Figura-3.40. Motor Stirling.
Fonte: *ibidem*.

Esse tipo de motor surpreende por sua simplicidade, pois consiste de duas câmaras com temperaturas diferentes que aquecem e resfriam um fluido simultaneamente, provocando o movimento de dois êmbolos ligados a um eixo comum. A maior desvantagem consiste na impossibilidade de variar rapidamente a potência fornecida ao eixo.

A avaliação do uso do motor Stirling na Amazônia está sendo realizada pelo Núcleo de Estudos em Sistemas Térmicos (Nest), da Unifei, com o apoio do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003 e do Fumin/BID, que está realizando o projeto nº 04 “Desenvolvimento de um Módulo Combustor de Biomassa-Motor Stirling para Geração de Eletricidade em Comunidades Isoladas”. O trabalho é coordenado pelo Professor Electo Eduardo Silva Lora, e sua implantação está prevista para a comunidade Dois Irmãos, situada na Reserva Extrativista Chico Mendes, no município de Xapuri. O projeto tem por objetivo o desenvolvimento e a instalação de um sistema de geração de energia elétrica utilizando um motor Stirling de 8 kW de potência acoplado a uma fornalha de biomassa, para atender exclusivamente cargas produtivas. O equipamento Stirling destinado para Xapuri ainda está sendo construído a partir de um motor de motocicleta. Como objetivo final, o projeto espera consolidar informações suficientes para difundir esta tecnologia visando sua futura fabricação em série no País, porém o equipamento não foi finalizado e, conseqüentemente, não foi implantado na comunidade acima mencionada. Portanto, não é possível tomar essa tecnologia como viável para a Amazônia.

Gaseificadores

A gaseificação é definida como a conversão termoquímica de um combustível sólido, como biomassa ou carvão mineral, em um gás ainda combustível, por meio de um processo de queima parcial a temperaturas elevadas. O gás produzido pelos gaseificadores é conhecido como gás pobre ou *producer gas*. O conteúdo médio dos compostos combustíveis no gás resultante da biomassa é para o CO entre 15 e 30 %, para o H₂ entre 12 e 40% e para o CH₄ entre 4,5 e 9%. O poder calorífico do gás fica na faixa entre 4 e 13 MJ/m³. Os menores valores correspondem à gaseificação com ar e os maiores à gaseificação com adição de vapor de água ou oxigênio. O gás produzido pode ser utilizado em grupos geradores, turbinas a gás e células a combustível, ou queimado com outros combustíveis em caldeiras.

A gaseificação da biomassa é uma alternativa sustentável para a geração de energia elétrica, com baixa emissão de poluentes. Ela está inserida no ciclo global de crescimento e absorção de CO₂ pelos vegetais, tal como nas demais tecnologias voltadas para a bioenergia, resultando num balanço equilibrado entre a produção e o consumo de gás carbônico.

O conteúdo das cinzas da biomassa é bem menor do que nos combustíveis fósseis, como no caso do carvão mineral. Geralmente, ela é uma cinza que possui valor econômico enquanto fertilizante, podendo ser despejada na área de crescimento da própria biomassa, para ajudar a repor os nutrientes do solo. A porcentagem de enxofre presente nas cinzas da biomassa é irrisória ao ser comparada com o carvão. A biomassa é mais reativa do que o carvão, sendo assim uma fonte energética mais adequada à tecnologia da gaseificação para geração energética e a produção de hidrogênio (Hall, et alii, 1992). Por outro lado, o processo de gaseificação também libera alcatrão e outros contaminantes que são prejudiciais ao ambiente e aos outros equipamentos. Embora existam processos para a limpeza do gás, eles requerem procedimentos especiais e produzem um resíduo que deve ser eliminado sem agredir o ambiente. Por essa razão, o uso de gaseificadores na Amazônia ainda está sendo alvo de estudos para adequar a tecnologia ao ambiente local.

Tecnologias de Gaseificação

Os gaseificadores para biomassa podem ser classificados em função do poder calorífico do gás produzido, do tipo de agente de gaseificação, da pressão de trabalho, da direção do movimento relativo da biomassa e do agente de gaseificação. A classificação quanto ao poder calorífico se divide em: baixo até 5 MJ/Nm³, médio de 5 a 10 MJ/Nm³ e alto de 10 a 40 MJ/Nm³. O tipo de agente de gaseificação pode ser o ar, o vapor de água ou o oxigênio. A pressão de trabalho recebe a seguinte classificação: baixa pressão, no caso da pressão atmosférica, e pressurizados, até 3 MPa. A reação de gaseificação pode ocorrer por meio de um processo não-catalítico ou com a existência de catalisadores.

Na gaseificação não-catalítica se obtém um gás de baixo poder calorífico, com resíduos de particulados, alcatrão, cinzas e óxidos de nitrogênio. É um processo em duas etapas: na primeira, a biomassa sofre uma pirólise, produzindo gás e carvão; em seguida, o carvão reduz os gases, que são na maior parte dióxido de carbono e vapor d'água, para for-

mar monóxido de carbono e hidrogênio (Kinoshita, et alii, 1977). O processo ainda gera metano e outros hidrocarbonetos superiores, dependendo do projeto e das condições de operação do gaseificador. O gás combustível produzido é composto de 18 a 20% de hidrogênio, 18 a 20% de monóxido de carbono, 2 a 3% de dióxido de carbono e nitrogênio compoendo a parcela restante. O gás pode alimentar um motor de combustão interna, substituindo 60% de gasolina ou 75 a 85% de diesel (Mukunda, et alii, 1992). O gás também pode ser utilizado em turbinas a gás simples, ou combinada a uma turbina a vapor.

Na gaseificação catalítica são utilizados elementos catalisadores, como o níquel, para conver-

ter o alcatrão e outros hidrocarbonetos em gás. Essa prática aumenta a eficiência do processo e do teor de hidrogênio tornando o gás adequado para uso em células a combustível (Alderucci, et alii, 1993).

A direção relativa de movimentação do gás da biomassa e do agente de gaseificação é outro fator determinante do tipo de gaseificador. A Figura-3.41 esquematiza os gaseificadores de leito fixo que assumem as seguintes estratégias: contra-corrente a contrafluxo com o gás ou concorrente a fluxo direto com o gás. Na Figura-3.42, o leito é fluidizado podendo ser do tipo fluxo cruzado perpendicular ao fluxo de gás, ou de fluxo circulante com reciclagem do gás.

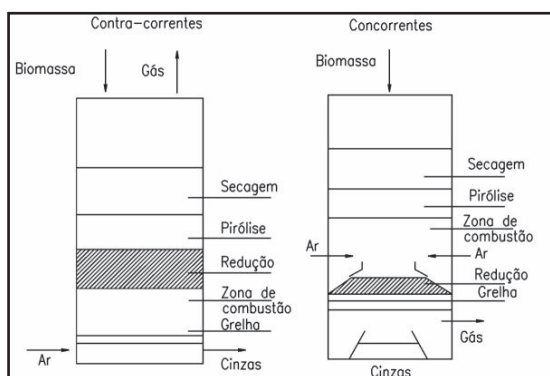


Figura-3.41. Gaseificadores de leito fixo.

Fonte: Belgiorno et alii (2003).

Na gaseificação de leito fixo, a matéria a ser gaseificada somente se move por ação da gravidade, sendo uma técnica mais usada na conversão de pequenas quantidades de biomassa. Na geração de energia elétrica, os gaseificadores de leito fixo têm sido empregados na alimentação de motores de combustão interna, com capacidades entre 100 kW e 10 MW.

No gaseificador de fluxo ascendente, os gases produzidos contêm poucos particulados, mas com altos teores de alcatrão, não sendo indicado para uso veicular. Nesse tipo de gaseificador, são injetadas rajadas de ar e vapor para manter as cinzas abaixo da temperatura de fusão, e, também, para facilitar a conversão de carvão. O gás produzido neste processo tem baixa velocidade e temperatura reduzida. A baixa temperatura de operação cria uma quantidade de óleo condensado e alcatrão no gás produzido. Entretanto, o efeito filtrante do leito e a baixa velocidade do vapor produzem um gás com pouca concentração de partículas sólidas. Ele é um gaseificador que requer uma grande quantidade de combustível denso e uniforme.

O tipo de gaseificador de fluxo descendente produz gás com pequenos teores de alcatrão e de

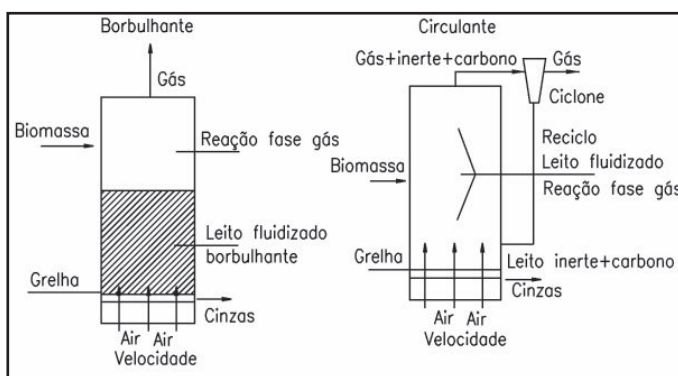


Figura-3.42. Gaseificadores de leito fluidizado.

Fonte: ibidem.

material particulado. O baixo rendimento e a dificuldade de manuseio da alta quantidade de umidade e de cinzas são os problemas mais comuns do pequeno gaseificador descendente. Ele é mais indicado para motores de combustão interna do que o gaseificador ascendente, o qual produz grandes quantidades de vapor de alcatrão.

O gaseificador de leito fluidizado tem sido utilizado na conversão termoquímica da turfa, mas ainda não existe muita experiência na conversão da biomassa, pelo menos em grande escala. Nos equipamentos desse tipo, emprega-se um material como fluidizante, que arrasta a biomassa, aumentando o contato desta como o elemento oxidante e, conseqüentemente, aumentando as taxas de reação. Ele é mais adequado à conversão de uma quantidade maior de material, entre 10 a 20 toneladas de biomassa por hora, não é tão exigente quanto às características do insumo, podendo ser empregado na conversão de biomassa com um mínimo de processamento preliminar da matéria prima. Por causa da própria natureza do processo, a quantidade de material particulado arrastado tende a ser maior. Um segundo aspecto é que a maior temperatura de saída dos gases permite que os álcalis saiam ainda na

fase gasosa impondo dificuldades adicionais à limpeza. É um tipo de equipamento bastante empregado nos sistemas de gaseificação integrada dos ciclos combinados, mas seu custo é maior, e os graves problemas promovidos pelo alcatrão, exigem gastos elevados com lavagem e filtragem, especialmente no funcionamento

em potências muito abaixo da nominal.

A Tabela-3.9 indica algumas características dos gaseificadores a partir dos modelos descritos. As informações por ela fornecidas possibilitam concluir que os gaseificadores de leito fixo e fluxo ascendente são os mais poluentes.

TABELA-3.9. CARACTERÍSTICAS DOS GASEIFICADORES.

Tipo	Leito "fixo"		Leito "fluidizado"	
Sub-tipo	F. ascendente	F. descendente	F. Cruzado	F. Circulante
temp. C	700 - 900	700 - 1200	< 900	< 900
alcatrão	muito alta	baixa	intermediária	intermediária
contrôle	muito fácil	fácil	intermediário	intermediário
escala	< 20 MW _t	< 5 MW _t	10 a 20 MW _t	> 20 MW _t
alimentação	crítica	muito crítica	menos crítica	menos crítica

Fonte: Lobo (2004).

Destaca-se que quase todo gaseificador comercial até 1 MW de potência é de leito fixo. A maioria dos fabricantes de gaseificadores de leito fixo adotou o sistema topo fechado relacionado com o período da Segunda Guerra Mundial, com parede externa em aço inox, e com a particularidade do reator servir como caixa de armazenamento. Os reatores para casca de arroz da China, e de alguns outros locais, são do tipo de topo aberto com uma única entrada de ar. O projeto chinês usa casca de arroz *in natura*, o que conduz a conversão sólida pobre com mais alcatrão, e conseqüentemente exige um sistema de limpeza mais complexo.

Merece que se ressalte o gaseificador Enamora, instalado em Móra d'Ebre, Tarragona, Espanha e

projetado com apoio do Instituto Catalão de Energia. Trata-se de um gaseificador de cascas de nozes em leito fluidizado acoplado a um motor diesel com 750 kW de potência. O sistema já acumula mais de 15.000 horas de operação. A eficiência do sistema é de 21-22 % (Eqtec Ibéria, 2004).

O gás produto da gaseificação da biomassa contém contaminantes tais como partículas sólidas, alcatrão, metais alcalinos, sulfeto de hidrogênio e amônia, que devem ser removidos, pois podem causar graves problemas durante a operação dos outros equipamentos energéticos, que utilizam este gás. A Figura-3.43 apresenta a concentração de contaminantes no gás, que varia dependendo do tipo de gaseificador.

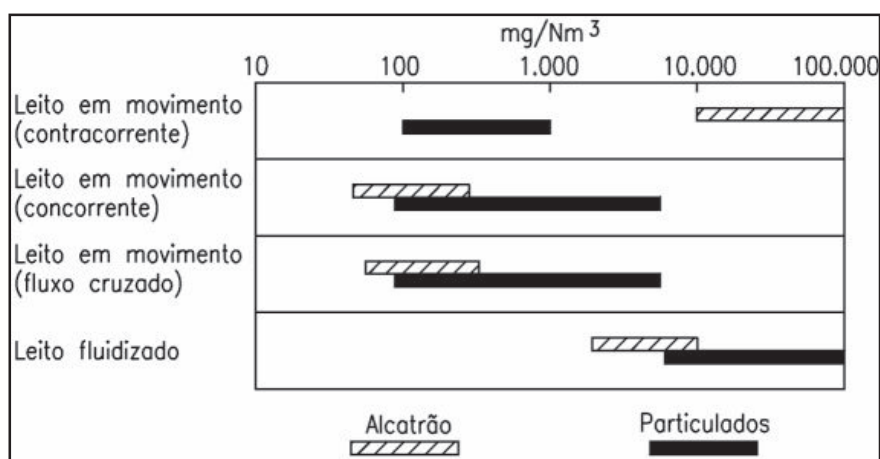


Figura-3.43. Qualidade do gás de diferentes tipos de gaseificadores.

Fonte: Guigon & Large (1990).

Muitos aspectos da combustão e gaseificação de biomassa são, ainda, menos entendidos do que os relacionados com o petróleo ou o carvão. As tecnologias modernas de gaseificação oferecem produção

limpa de eletricidade e de calor, a alta temperatura de 1200 C, com baixos teores de alcatrão e particulados, menores do que 50 ppm cada, quando os sistemas estão com carga entre 30 e 100 %.

O Gaseificador Acoplado ao Gerador de Energia Elétrica

A maioria dos projetos envolvendo geração de energia a partir de biomassa gaseificada de que se tem notícia utilizam motores de combustão interna alternativos, dos ciclos Otto ou Diesel. Os projetos envolvem motores a gasolina, a gás e a óleo diesel. De acordo com Knoef (2002) existem mais de 100 unidades de gaseificação de biomassa em pequena escala operando na Europa e nos Estados Unidos, além de algumas centenas nos países em desenvolvimento.

O gás resultante da gaseificação da biomassa, ao contrário do que é gerado a partir do carvão, tem conteúdo de enxofre insignificante (Kinoshita, *et alii*, 1977). Quando a biomassa é produzida e consumida de maneira sustentável, ocorre o equilíbrio entre o consumo e a produção de gás carbônico, sem que seu conteúdo na atmosfera seja alterado. Os elementos que devem ser controlados para que se possa utilizar o gás em um motor ou turbina são o alcatrão, as cinzas volantes e os óxidos de nitrogênio. Os sistemas para controle e limpeza dos gases são tecnicamente viáveis, mas podem ser caros a ponto de inviabilizar economicamente o projeto.

Os gaseificadores produzem partículas finas de carbono e alcatrão, cujos níveis devem ser constantemente monitorados para evitar danos ao motor em condições extremas de operação. A tecnologia deve providenciar a limpeza de gases quentes para tornar a geração de energia pela gaseificação da biomassa um processo comercialmente viável, pois os motores de combustão interna aceitam somente pequenas quantidades de particulados. O sistema de limpeza do gás é, geralmente, composto por várias etapas que podem incluir: ciclone, resfriador, lavador, filtro de areia ou de papel, etc. Não deve ser ignorado que os resíduos representam um agente poluidor importante, inclusive, porque contêm alcatrão, que é cancerígeno e deve ser muito bem controlado.

A potência e a eficiência dos motores durante a operação com gás de biomassa são menores do que quando se utilizam os combustíveis fósseis. Para o caso de um grupo-gerador diesel com potência elétrica de 15 kW, e apresentando uma eficiência de 22,41%, quando passou a funcionar com mistura de 20% de diesel e 80% de gás de gaseificador, a potência caiu para 12 kW e a eficiência para 14,71% (Bhattacharya, 2001).

Quando se utiliza o gás de biomassa em motores a gasolina não é necessário fazer modificações neles para que funcionem somente com o gás

do gaseificador. Nesse caso, a razão da mistura gás-ar geralmente utilizada é de 1:1, podendo esta ser introduzida diretamente no carburador.

Para avaliar o desempenho do conjunto gaseificador e grupo-gerador diesel na Amazônia, o Biomass Users Network do Brasil (BUN) e o Cenbio, com apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), entre janeiro de 2002 e abril de 2005, quando importaram uma unidade completa de gaseificação e de geração de energia elétrica de 20 kW, desenvolvida pelo Indian Institute of Science (IISc) de Bangalore, na Índia. A unidade foi testada no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). As principais características do motor estacionário são: fabricante, Kiloskar; tipo, aspirado com 3 cilindros e refrigerado a água; volume dos cilindros, 3,12 cm³; taxa de compressão, 18:1; e potência térmica 33,1 kW.

Os ensaios efetuados com a unidade de gaseificação indiana constam do trabalho “Geração de Energia Elétrica Distribuída a Partir da Gaseificação de Biomassa”, que foi apresentado no *SAECX'2004* por Ademar Hakuo Ushima do IPT. Aqui somente serão fornecidos alguns detalhes considerados relevantes para o desenvolvimento desta tecnologia no Brasil, e que vêm tendo importância significativa nas pesquisas em andamento.

A partida do gaseificador indiano se dá com a ignição do motor na condição 100 % diesel. A partir do funcionamento do grupo-gerador diesel é efetuada a alimentação do painel do gaseificador com energia elétrica. Em seguida passam a funcionar as bombas e o refrigerador do gaseificador. Na sequência, procede-se ao acendimento do gaseificador, que é feito através das entradas secundárias de ar, colocando-se uma chama à frente dos orifícios de entrada deste ar. Como o interior do gaseificador opera em depressão, estas chamas são aspiradas para dentro do gaseificador, dando ignição ao material localizado próximo às entradas de ar. Após cerca de 15 minutos de iniciada a ignição do leito, o gás gerado já pode ser encaminhado ao motor para ser iniciada a substituição do diesel. O gás gerado durante o período inicial, enquanto não estava sendo consumido pelo motor, é queimado em um “flare”. O sistema de controle, ao detectar uma tendência de elevação da rotação no motor do grupo-gerador com a chegada de gás combustível ao motor, reduz o fornecimento de óleo diesel, mantendo a rotação. Para garantir a ignição da mistura no interior dos cilindros, e evitar o superaquecimento dos bicos injetores, é necessário manter um consumo mínimo de diesel, em torno de 1,2 litros/h.

Após 100 horas de operação do grupo-gerador, o motor foi desmontado para avaliação. A Figura-3.44 mostra o estado das válvulas e da tampa do cabeçote. Os testes levaram a prever que regime de operação normal o motor teria de parar para manutenção com uma frequência de no máximo 500



Figura-3.44. Aspectos da parte interna do motor Kiloskar após 100 h de operação.

Fonte: Ushima (2004).

horas. Como se trata de um equipamento destinado ao atendimento de comunidades remotas, a eficiência do sistema de limpeza do gás do gaseificador terá de ser muito melhorada, para tornar sua robustez e confiabilidade adequadas ao uso proposto (Ushima, 2004).



Durante parte do período de operação, o motor Kiloskar foi alimentado com uma mistura formada por 20% gás e 80% de óleo diesel, e submetido à variação de potência fornecida em degraus de 25%. Os resultados de um desses testes estão descritos na

Tabela-3.10, que compara as emissões com 100% de diesel e com 80% de gás do gaseificador. No caso do funcionamento com a mistura 20-80%, a quantidade de CO é muito maior, enquanto que o teor de NO_x é significativamente menor.

TABELA-3.10. TESTE DO MOTOR KILOSKAR DE 20 kW_e ALIMENTADO POR GASEIFICADOR.

Condição de carga no motor	100%D	75%D	50%D	25%D	100%DG	75%DG	50%DG	25%DG
Consumo diesel (kg/h)	5,2	4,1	3,2	2,3	1,7	1,3	1,2	1,2
Consumo gás (kg/h)	0	0	0	0	35	29	25	20
PCS gás (MJ/Nm ³)	0	0	0	0	5,2	5,3	5,2	5,3
Potência óleo diesel (kW)	64,8	51,5	39,9	29,2	20,7	16,3	15	14,4
Potência gás (kW)	0	0	0	0	43,5	36,6	31,8	23,5
Potência eixo (kW)	22	16,5	11	5,5	22,4	16,6	11	5,5
Rendimento motor (%)	34,0	32,0	27,6	18,8	34,9	31,4	23,5	14,5
Temperatura saída água (°C)	74,5	74,3	74,6	73,5	75	74,7	74,3	73,9
Temperatura óleo (°C)	90,3	92	91,6	90,9	93	91,7	90,3	89,5
Temperatura gás escape (°C)	387	314	252	197	451	364	297	224
Teor O ₂ (% vol.b.s.)	10,5	12,5	14,2	15,7	6,4	9,3	11,2	13,2
Teor CO ₂ (% vol. b.s.)	7,5	5,8	4,3	3	13,6	10,1	7,6	5,4
Teor CO (ppmv)	197	290	452	635	4811	8500	16100	19500
Teor NO _x (ppmv)	685	498	322	181	186	61	19	10
Teor HC (ppmv)	21	20	23	26	39	50	82	104

D = somente diesel. DG = 20% diesel e 80% gás.

Fonte: Ushima (2004).

Após os testes no IPT, foram implantadas algumas adaptações visando melhorar o desempenho do sistema indiano de gaseificação e produção de eletricidade. Posteriormente, a unidade foi deslocada

para o assentamento de Aquidabam no Amazonas, onde, durante os testes de campo, o gaseificador resultou inoperante, conforme relatado por Apolinário (2006). Mesmo com o insucesso, a experiência foi

altamente instrutiva, e serviu de referência para o projeto nº 13 “Nacionalização da Tecnologia de Gaseificação de Biomassa e Formação de Recursos Humanos na Região Norte”, do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003. O trabalho foi proposto pelo IEE/USP e está sendo coordenado pelo Professor José Goldemberg. O objetivo principal é o desenvolvimento de um projeto piloto de gaseificação de biomassa com tecnologia totalmente nacional, do tipo de leito fixo, para a potência de 20 kW elétricos, incluindo um sistema eficiente de limpeza dos gases para possibilitar seu uso em motores de combustão interna. Como combustível está previsto o uso de cascas de cupuaçu, cascas de castanha, resíduos de madeira, etc. Esse projeto previsto para ser implantado na comunidade de Timbó, localizada a 60 km de Manacapuru no Estado do Amazonas, infelizmente, não teve continuidade, por causa da inexistência da matéria-prima para a gaseificação.

Turbinas a Gás Alimentadas por Biomassa Gaseificada

Quatro tipos de configurações tecnológicas de turbinas a gás acopladas a gaseificadores pressurizados se destacam para o aproveitamento da biomassa como vetor energético. Elas são caracterizadas pelos seguintes ciclos: simples; com injeção de vapor; com injeção de vapor e resfriamento intermediário; e ciclo combinado.

No Ciclo Simples de Turbinas a Gás (Simple Cycle Gas Turbine - SCGT), os gases de exaustão são usados em uma caldeira de recuperação para produzir o vapor necessário à produção de gás no gaseificador. Os gases de exaustão também podem ser usados no processo industrial em que o sistema está inserido. O gaseificador recebe os gases de exaustão que, juntamente com parte do ar comprimido pelo compressor, realiza a combustão parcial do combustível e alimenta a câmara de combustão. O restante do ar comprimido pelo compressor entra na câmara de combustão para ser queimado com o gás produzido no gaseificador. Os gases a alta pressão resultantes da temperatura elevada da combustão se expandem na turbina, e acionam o eixo comum que, por sua vez, move o compressor e o gerador de energia elétrica.

Na turbina a gás com injeção de vapor (Steam Injected Gas Turbine - STIG), parte do vapor produzido na caldeira de recuperação é injetada no ar da saída do compressor para aumentar o fluxo de massa através da turbina. Essa injeção de vapor, sendo efetuada na saída do compressor, não afeta o

trabalho da compressão e, ao ser mantido a mesma pressão, provoca um aumento do calor específico da mistura ar-vapor, que passa a superar a do ar isolado. A injeção de vapor na câmara de combustão de turbinas a gás possibilita um aumento da potência elétrica e da eficiência do ciclo e, ainda, reduz o nível de emissão de NOx.

A turbina a gás com injeção de vapor e resfriamento intermediário (Intercooled Steam Injected Gas Turbine - ISTIG) é constituída pelo tipo STIG, ao qual foi incorporado um resfriador intermediário no compressor. Este resfriamento permite a redução da potência consumida pelo compressor, uma vez que a temperatura de entrada no segundo compressor é resfriada até um valor próximo ao do ar ambiente; porém a relação de pressão total é mantida a mesma. A diminuição da potência requerida pelo compressor permite o aumento da potência elétrica e da eficiência energética do conjunto.

No ciclo combinado (Combined Cycle - CC), o vapor produzido na caldeira de recuperação é utilizado para a geração de potência adicional em uma turbina a vapor, da qual pode ser extraído o vapor para a indústria. Esse tipo de sistema, para configurações de porte análogo, alcança uma potência semelhante àquela do ciclo com injeção de vapor, porém com mais eficiência na transformação energética.

Os principais poluentes presentes nos gases de exaustão das turbinas a gás são: os óxidos de nitrogênio (NOx), o monóxido de carbono (CO) e os hidrocarbonetos não queimados (UHC), além de particulados e compostos orgânicos voláteis. O óxido nítrico (NO) resulta das altas temperaturas do processo de combustão. O óxido nítrico posteriormente se oxida na atmosfera para formar dióxido de nitrogênio (NO₂). O monóxido de carbono é formado quando o carbono combustível não é totalmente queimado, enquanto que a emissão dos hidrocarbonetos não queimados é menor conforme a temperatura aumenta. Segundo informações do fabricante, a microturbina a gás Capstone 30, ao fornecer 30 kW de potência elétrica e ser alimentada com 15% de O₂ emite cerca de 9 ppm de NOx, 40 ppm de CO e 9² ppm de UHC.

BIOGÁS

Os biocombustíveis gasosos compreendem a obtenção de biogás a partir de dejetos humanos ou de animais. Por questões econômicas, seu uso fica restrito ao próprio sítio onde é produzido, porque o resfriamento para sua liquefação, e posterior trans-

porte para outro local, tem uma eficiência energética final muito reduzida.

O estudo do biogás foi essencialmente baseado no trabalho sobre “Sistemas Energéticos com Biodigestores”, elaborado e apresentado no Saecx’04, pelo Professor Américo Perazzo Neto, do Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (Ufpb), situado em Areias, no Estado da Paraíba (Perazzo Neto, 2004).

O biogás em sua maior parte contém gás metano, sendo conhecido como gás dos pântanos ou gás de esgoto, por ser naturalmente produzido nesse tipo de ambiente. Estima-se que a formação de metano seja responsável pela mineralização de 5 a 10% de toda a matéria orgânica disponível na Terra. O

cheiro característico do biogás se deve à presença de gás sulfídrico, que indica algum vazamento quando se utiliza o biodigestor para produção de energia.

O biogás é composto por cerca de 50 a 70% de metano e de 30 a 50% de dióxido de carbono, e ainda inclui traços de gás sulfídrico, hidrogênio, nitrogênio, etc. O metano e o dióxido de carbono representam 99% do volume total do biogás, e desta fração apenas o metano é combustível. O metano puro possui um poder calorífico de 8.703 kcal/m³. Os equivalentes energéticos de um biogás com 60% de metano estão descritos na Tabela-3.11, que a 100% de umidade relativa este apresentaria um poder calorífico de 5.222 kcal/m³, podendo ser utilizado em substituição aos derivados de petróleo, à lenha, álcool, etc.

TABELA-3.11. EQUIVALENTES ENERGÉTICOS DO BIOGÁS.

Combustível	Equivalência a 1 m ³ de Biogás*
GLP	1,43 kg
Óleo diesel	0,55 litros
Gasolina	0,61 litros
Álcool carburante	0,8 litros
Lenha	3,5 kg
Carvão vegetal	0,8 kg
Energia elétrica	1,2 kWh

* com 60% de metano, 5.222 kcal/m³, 100% de umidade relativa, a 15 ° C e 150 mm de coluna d’água.

Fonte: Perazzo Neto (2004).

A produção do biogás emprega tecnologia simples e barata, sendo fundamental a anaerobiose. Para alcançar a ausência de oxigênio é necessária a construção do biodigestor, que se trata de um recipiente fechado construído em alvenaria, concreto, fibra de vidro, etc, onde é colocada a matéria-prima a ser digerida. Qualquer matéria orgânica pode ser utilizada para a produção do biogás, entretanto, em uma utilização racional do biogás, devem ser observados parâmetros operacionais, econômicos, e adequar o tipo de biodigestor a ser empregado com a natureza da matéria orgânica.

Tipos de Biodigestor

Existem vários tipos de biodigestores que se prestam ao tratamento das mais diversas matérias orgânicas, havendo a necessidade de conhecimento técnico para a definição do modelo mais apropriado. A Tabela-3.12 apresenta uma idéia geral do volume de um biodigestor em resposta à demanda diária de biogás.

TABELA-3.12. VOLUME DE BIODIGESTOR POR DEMANDA DIÁRIA.

Cozimento	0,27 m ³ por pessoa
Geladeira	0,50 m ³ por equipamento
Iluminação	0,12 m ³ por equipamento/hora
Moto	0,40 m ³ por HP/hora
Ferro de passar	0,12 m ³ por equipamento/hora

Fonte: Perazzo Neto (2004).

Quando a matéria orgânica apresenta baixa percentagem de sólido, como no caso de esgotos e vinhoto, o modelo recomendado é o de fluxo ascendente, em que a ação da gravidade retém as partículas mais pesadas permitindo a passagem das mais leves. Ao passo que a matéria orgânica vai sendo digerida, produz o biogás e se torna mais leve, deixando a massa do biodigestor. Quando a matéria-prima é pastosa recomendam-se os modelos indiano, chinês ou horizontal, que permitem uma boa produção de biogás durante o fluxo da matéria. Esses tipos de biodigestores são os ideais para o processamento de fezes. Quando se trata de materiais muito fibrosos, como restos de cultura, o modelo mais indicado é o de batelada. A utilização desse tipo requer a construção de uma bateria de biodigestores, para que a produção de gás seja constante, por causa do aumento da frequência de manutenção.

Fatores que Afetam a Biodigestão

A eficiência operacional dos biodigestores pode ser afetada por fatores operacionais ou ambientais, porque quebram o equilíbrio do processo fermentativo. Para que haja um bom entendimento de como os fatores operacionais afetam a biodigestão, faz-se necessário um breve comentário sobre a microbiologia do processo.

Na natureza, as bactérias aeróbicas somente sobrevivem na presença de oxigênio. Por outro lado, as bactérias anaeróbicas unicamente sobrevivem na ausência do oxigênio. Também há um terceiro grupo, que pode sobreviver nas duas condições, que representam as bactérias facultativas.

A digestão anaeróbica se processa pela ação de vários tipos de bactérias que atuam em sincronismos perfeito, e quando há quebra deste equilíbrio sintrófico o processo tende a parar. Nessa categoria se enquadram as bactérias produtoras de metano, que são anaeróbicas e morrem na presença de pequena quantidade de oxigênio livre.

Fases da Biodigestão

Alguns autores dividem o processo da digestão em três fases: hidrólise, acidogênica e metanogênica. A seguir são apresentados alguns detalhes desses processos com o objetivo de mostrar a necessidade e o trabalho de manutenção dos biodigestores para que eles funcionem adequadamente.

Na fase hidrolítica as bactérias são envolvidas por uma membrana semipermeável, que controla

a passagem de substâncias do meio externo para o interno. Esta membrana não permite que macromoléculas penetrem na célula, havendo a necessidade de sua fragmentação. Para isso as bactérias liberam enzimas no meio para promover a hidrólise das macromoléculas. Este grupo de bactérias é denominado de bactérias fermentativas hidrolíticas. Quando a substância encontra-se em um estágio solúvel esta fase não ocorre, pois as bactérias podem prontamente assimilar estas substâncias. Quando há uma grande disponibilidade de substâncias solúveis no meio, pode ocorrer uma grande acidificação, chegando a inibir o processo.

Durante a fase acidogênica as bactérias absorvem as substâncias solúveis presentes no meio ou hidrolisadas, para obterem energia e constituintes estruturais. Nesse processo ocorre a formação de metabólitos que são eliminados. Os metabólitos produzidos em maior quantidade nesta fase são ácidos orgânicos de cadeia curta tais como os ácidos fórmico, propiônico e butírico. Também são produzidos álcoois, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio. As bactérias fermentativas acidogênicas são responsáveis pela produção dos ácidos voláteis, que são os metabólitos mais produzidos. Alguns autores denominam esta fase de acetogênica por ser o ácido acético um metabólito formado em grande quantidade.

As fases hidrolítica e acidogênica são realizadas por várias espécies de bactérias pertencentes principalmente aos gêneros *Clostridium*, *Pseudomona*, *Escherichia*, *Costridium*, *Lactobacilos* e *Bacteroids*. As baterias pertencentes a estes gêneros são em sua maioria anaeróbicas estritas, mas cerca de 1% consiste de bactérias facultativas, sendo responsáveis pelo consumo do oxigênio dissolvido na matéria orgânica no início do processo, criando a condição anaeróbica indispensável à formação do metano. Muitas dessas bactérias são esporulantes, o que garante sua sobrevivência em condições adversas.

A fase metanogênica é a última fase do processo global da degradação anaeróbica da matéria orgânica, sendo gerados compostos com apenas um carbono como CH_4 e CO_2 . Enquanto que, as bactérias responsáveis pelas fases anteriores utilizavam várias substâncias como substrato, as metanogênicas utilizam apenas um número limitado de substratos ácidos dos tipos acético, fórmico, propiônico e butírico. Além disso, também são formados o metanol, as metilaminas e o monóxido e o dióxido de carbono.

As bactérias metanogênicas pertencentes ao grupo das acetoclásticas são responsáveis por cerca de

60 a 70% do metano produzido. Os principais gêneros são Metanosarcina e Methanosaeta, que, conforme indica a Equação-3.4, na ausência de hidrogênio cliva o ácido acético produzindo metano e CO₂, com o grupo metil do ácido acético sendo reduzido a metano, e o grupo carboxílico oxidado a gás carbônico.



As bactérias metanogênicas pertencentes ao grupo das hidrogenotróficas são as pertencentes aos gêneros Metanosabacterim, Metanospirillum e Metanobrevbacter. Quando há hidrogênio disponível, de acordo com o processo da Equação-3.5, o CO₂ é reduzido a metano.



Observa-se que a retirada de hidrogênio do meio pelas metanogênicas hidrogenotróficas, permite a ação das metanogênicas acetilclásticas, e estes dois grupos dependem da formação de ácidos pelas acetogênicas. Essa situação serve para demonstrar que o processo de biodigestão anaeróbica é complexo, e necessita de um equilíbrio sintrófico entre os vários grupos.

O equilíbrio sintrófico pode ser quebrado por fatores ambientais ou operacionais. A temperatura afeta a biodigestão, pois todo microrganismo tem uma temperatura ótima característica, na qual o crescimento atinge o máximo. Do mesmo modo, eles possuem uma temperatura mínima que, como o nome indica, é a temperatura mais baixa em que pode ocorrer crescimento, e uma temperatura máxima, ou seja, a mais alta temperatura em que pode haver crescimento. Certas bactérias se desenvolvem bem a temperatura menor do que 10° C, e são denominadas psicotróficas, enquanto que outras têm em temperaturas um pouco mais elevadas para sua condição ótima de desenvolvimento, e são denominadas de psicrofílas. As bactérias que têm sua temperatura ótima entre 20 e 45° C são denominadas de mesófilas, e as que preferem temperaturas acima de 45° C são as termófilas. Há divergência quanto a estes limites, entretanto sabe-se que o maior número de bactérias presente no meio são justamente aquelas que se adaptam melhor as condições ali presentes. Quando ocorre uma alteração drástica algumas bactérias diminuem sua atividade, outras aumentam e há aquelas que não resistem e morrem. O Brasil, por ser um país tropical, não tem grandes problemas com variações de temperatura exceto nos estados do sul.

Pode-se instalar um sistema de aquecimento com a desvantagem de onerar o rendimento final, mas está comprovado que o biogás gasto no aquecimento é compensado pelo incremento na produção.

Durante a operação dos biodigestores é fundamental evitar os seguintes fatores: carga excessiva, diluição inadequada e relação equivocada entre carbono e nitrogênio. A não observância de alguns desses parâmetros quebra o equilíbrio sintrófico da biodigestão, tendo como consequência a diminuição na produção de biogás ou até mesmo sua paralisação. No entanto, eles podem ser facilmente controlados, necessitando apenas o respeito do operador aos procedimentos recomendados.

Biodigestor Acoplado a Grupo-Gerador de Energia Elétrica

Para gerar energia elétrica, os gases dos biodigestores têm de ser introduzidos em motores à explosão, onde vão existir algumas restrições. Em motores do ciclo Otto, que são movidos à gasolina, o gás do biodigestor é suficiente para sozinho provocar a explosão e movimentar o sistema, mas em razão da sua menor capacidade calorífica, a potência do motor é cerca de 50% inferior ao valor nominal. Tratando-se de motores do tipo diesel, a restrição de potência é similar, e para iniciar o processo de explosão se faz necessária a participação contínua de 20 a 30% de óleo diesel.

Custos para a Implantação de um Biodigestor

A implantação de um biodigestor significa um investimento não desprezível. Pode ser tomado como referencial a capacidade para atender o cozimento para oito pessoas, uma geladeira, cinco lâmpadas funcionando quatro horas por dia, um motor de 5 HP funcionando 15 minutos por dia, e um ferro de passar funcionando diariamente durante uma hora. Uma unidade para atender essa demanda e produzir 7,68 m³/dia de biogás requer o investimento inicial de R\$ 3.600,00.

OUTRAS OPÇÕES ENERGÉTICAS

Entre as tantas outras opções energéticas existentes, este trabalho somente abordará quatro delas. A primeira é o gás natural, que não é renovável, porém devido a grande reserva existente no interior do estado do Amazonas, representa uma

alternativa para atender locais isolados nas proximidades dos gasodutos. A segunda, o vetor hidrogênio, que poderá ser uma alternativa para flexibilizar um pouco mais o uso das energias eólica e fotovoltaica. Em terceiro aparecem as células a combustível, que também podem participar da flexibilização das fontes renováveis intermitentes e difusas de energia. Por fim, os sistemas híbridos, cuja combinação de diversas fontes de energia possibilita manter a demanda atendida apesar da sazonalidade que reduz ou anula o fornecimento de uma delas.

Gás Natural

Em sua maior parte, o gás natural é composto por metano (CH_4), na proporção de 80% a 90% do volume, sendo o restante formado por hidrocarbonetos de ordem superior, como etano (C_2H_6), propano (C_3H_8), butano (C_4H_{10}), etc. Após a captação, deve ser submetido a um processo de desidratação, e, conforme a necessidade, ser efetuada a extração da gasolina e de outros componentes pesados que porventura ele contenha. A retirada desses componentes é importante para evitar a existência de partes líquidas a temperatura e a pressão, ambientes. Quando o conteúdo de gasolina é importante, denomina-se gás natural rico, ou úmido, ao contrário gás seco. O limite entre estas classificações está compreendido entre 10 a 20 litros de gasolina para cada 1.000 m^3 de gás natural.

No caso de conter CO_2 em proporções significativas, ao ponto de prejudicar a quantidade mínima de calor estabelecidas nos contratos, deve ser providenciada a sua extração. Do mesmo modo, também pode ser necessário purificá-lo de compostos sulfurosos e nitrogenados, que corroem os equipamentos e poluem a atmosfera.

O gás natural da reserva de Urucu, situada no Estado do Amazonas, é encontrado isolado, sendo mais puro que aqueles provenientes de campos petrolíferos. Na forma isolada, a produção é mais intensa por causa da baixa viscosidade, o que possibilita um ritmo mais rápido de exploração. Por causa da facilidade de exploração, no fim do recurso, a produção cessa quase que abruptamente, quando a pressão do gás se aproxima de uma atmosfera, não existindo capacidade residual futura para ser reativada. Esse aspecto é significativo para o planejamento energético, porque após certo tempo será necessário efetuar a substituição de toda a fonte de energia em um curto prazo.

O uso do gás natural de modo tradicional, com a geração de energia sendo movida por microturbinas a gás, apresenta tecnologia consolidada, porém ainda está pouco avaliado no contexto amazônico. Em todo caso, seu emprego em comunidades isoladas deve ficar restrito a uma estreita área no entorno dos gasodutos, indicados na Figura-3.45, pois, devido ao peso do vasilhame, ele perde muito de sua competitividade ao ser transportado, quando comparado com os combustíveis normalmente líquidos.

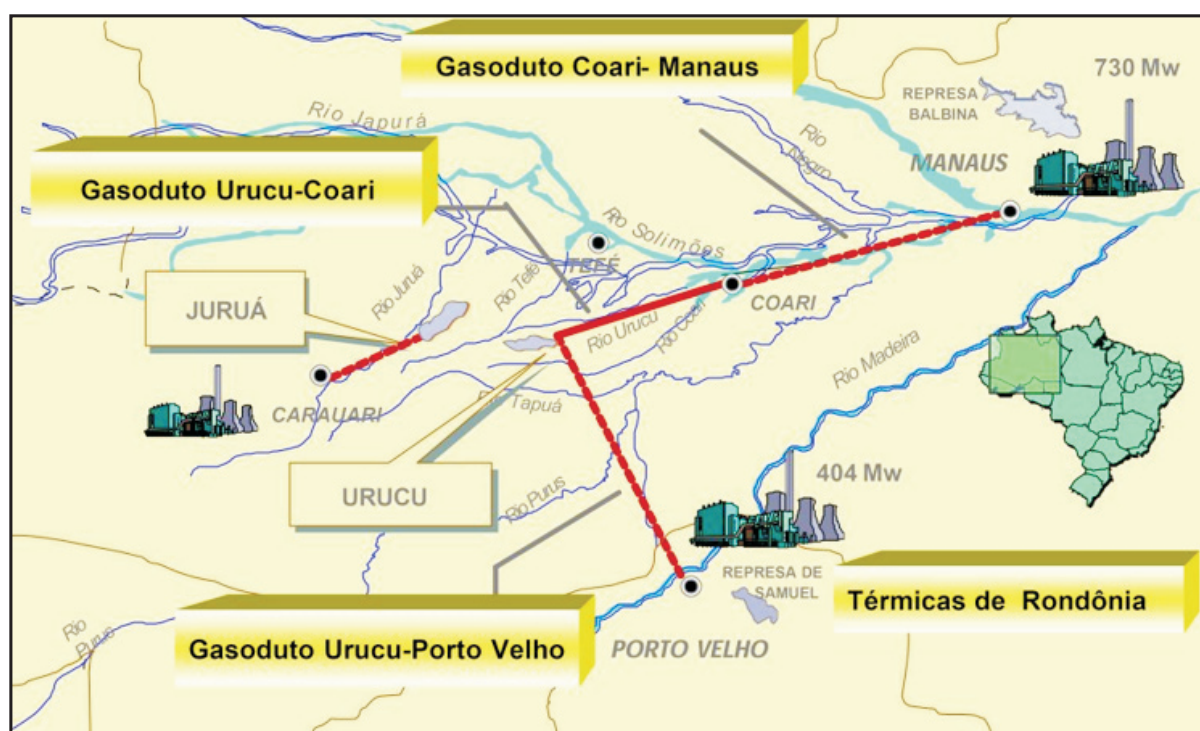
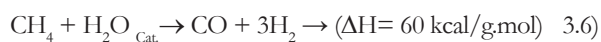


Figura-3.45. Expectativa de gasodutos na Amazônia.
Fonte: Loss (2001).

A geração de eletricidade movida por micro-turbinas a gás é uma prática comum ao longo dos gasodutos nas estações de bombeamento. Mesmo assim, durante os levantamentos que resultaram na elaboração deste relatório não foram identificados estudos aplicados em andamento sobre o uso de microturbinas na Amazônia.

Vetor Hidrogênio e Arranjos Híbridos

A forma mais comum para a obtenção do hidrogênio é o processo de reforma autotérmica do gás natural, de acordo com a Equação-3.6, sendo considerado como a fonte de energia para a célula a combustível. Esse processo combina os efeitos da oxidação parcial e da reforma do vapor. Tal fenômeno ocorre na presença de um catalisador que controla as reações químicas, determinando as extensões da oxidação e da reforma a vapor.



O uso do vetor hidrogênio em arranjos híbridos, com painéis fotovoltaicos e hidrolizador, está sendo abordado pelo programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, que fomenta o projeto nº 12 “Gestão Energética para o Desenvolvimento Sustentável - Centro de Pesquisas Canguçu”, o qual recebe a coordenação do Professor Alan Kardec Martins Barbiero, da Fundação Universidade Federal do Tocantins (UFT). O projeto foi instalado no Centro de Pesquisas Canguçu, contando com os seguintes equipamentos: 35 kWp de filmes finos de silício amorfo, um banco de baterias de 2.100 Ah, um eletrolizador, que terá a função de separar o hidrogênio pela eletrólise da água, recebendo energia direta do sistema fotovoltaico; sua capacidade é de gerar 2 Nm³/h, com pressão máxima de saída do gás de 145 psig. O hidrogênio obtido terá uma pureza de 99,99%. O hidrogênio produzido será estocado na forma lí-

quida para ser posteriormente utilizado em parceria com um banco de baterias. Na proposta original o hidrogênio seria queimado em motor de combustão interna, na atual será usada uma célula combustível de 5 kW de potência (Barreto, 2006c).

O uso do vetor hidrogênio – queima de hidrogênio líquido em motor de combustão interna – é promissor, mas sua tecnologia ainda está em desenvolvimento em nível mundial, e, por essa razão, requer cautela antes de ser direcionado para atender de modo individual às comunidades isoladas da Amazônia.

Células a Combustível em Sistemas Híbridos

A célula-combustível foi inventada em 1839 por um pastor inglês, Sir. William Grove, e suas aplicações mais conhecidas são os veículos espaciais habitados Gemini, Apollo e Space Shuttle. Nos últimos anos, ela vem sendo considerada uma alternativa promissora na geração de energia elétrica. A célula-combustível apresenta grandes vantagens sobre os processos tradicionais de conversão de energia, tais como alta eficiência, baixa emissão de gases e a possibilidade de ser aplicada em sistemas de co-geração, entre outras.

A célula-combustível converte a energia química do combustível diretamente em eletricidade, através de um processo eletroquímico, conforme mostra a Figura-3.46. O calor gerado no processo pode ser aproveitado em aplicações de co-geração. O nível de emissão de CO₂ em células a combustível é menor do que em turbinas a gás. No sentido de garantir melhor desempenho, confiabilidade, maior vida útil e viabilidade econômica, é importante que a célula-combustível opere ininterruptamente. Para garantir a maior durabilidade do equipamento, deve ser assegurada que a energia gerada não exceda a demanda.

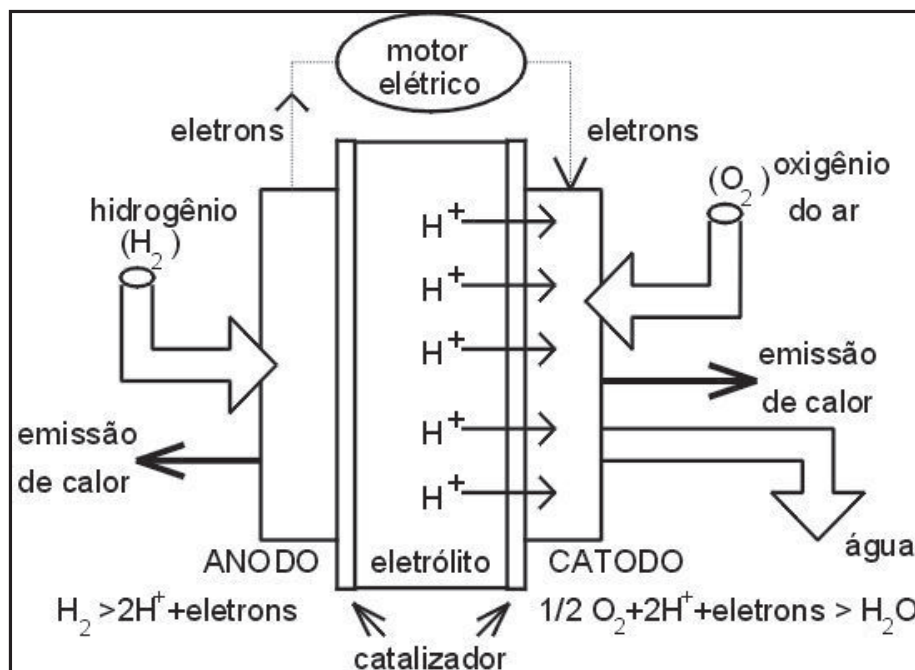


Figura-3.46. Esquema de funcionamento de uma célula a combustível.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Sistemas Híbridos Tradicionais

Os sistemas híbridos tradicionais são compostos pelas energias hidráulica, eólica, solar fotovoltaica ou biomassa, que integram complementação de geração diesel por razões de sazonalidade. Esses sistemas podem ter duas ou mais fontes de energia, sendo comum encontrar a combinação eólica-fotovoltaica-diesel, ou hidráulica-diesel.

Com relação ao tema dos arranjos híbridos, vale a pena acompanhar os trabalhos promovidos pelo Gedae, da UFPA, em vários locais do litoral da Amazônia, entre os quais se destaca a atuação, desde 1998, na comunidade de Tamaruteua, situada na ilha de Cajatuba, no limite entre o estuário do rio Amazonas e o litoral do Pará sobre o Oceano Atlântico. Com uma população residente de aproximadamente 185 habitantes, distribuídos em 38 famílias, essa comunidade tem na pesca a principal atividade econômica, sendo a agricultura praticamente inexistente na região por causa do solo arenoso (Macêdo, 2002).

Em Tamaruteua, o Gedae ampliou as instalações e equipamentos de geração de energia da comunidade através do projeto nº 01 “Revitalização do Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico-Diesel”, financiado pelo programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, o qual também recebeu recursos do Fumin/BID. O trabalho recebe a coordenação do Professor João Tavares Pinho, do Gedae. Naquela comunidade, a partir de 2004 fo-

ram instalados dois aerogeradores de 7,5 kW cada, mais 3,8 kWpico de painéis fotovoltaicos com um banco de baterias de 11,84 kWh, e complementa o arranjo híbrido um grupo-gerador diesel de 40 kVA. O projeto inclui o cartão magnético de pré-pagamento como uma novidade para auxiliar na gestão do sistema energético, cujos resultados são promissores. É importante observar ainda que o sistema híbrido de geração será monitorado, por meio de um equipamento de supervisão, o qual permitirá que as variáveis elétricas, meteorológicas e mecânicas de interesse para a operação sejam integradas automaticamente, tanto em modo local quanto a distância.

Quanto aos custos, o projeto do Gedae em Tamaruteua apresenta valores reais da Amazônia. Ao se considerar apenas as duas turbinas de 7,5 kW, e as respectivas torres, o valor foi de R\$ 7.730,00 por quilowatt instalado. Se forem computados os demais valores do sistema de geração constituído pelo banco de baterias com 64 unidades de 12 V/185 Ah, um inversor de 23 kVA e um controlador de carga, o custo sobe para cerca de 12 mil reais por quilowatt instalado. Contudo, este último valor está superestimado posto que o dimensionamento do sistema de armazenamento e do inversor leva em consideração as potência das demais fontes do sistema híbrido (Pereira, Pinho & Vale, 2007).

Outra pesquisa sobre sistemas híbridos que o programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003

está patrocinando é o projeto nº 03 “Instalação de Uma Pequena Central Eólico-Solar para Geração de Energia Elétrica em Uma Pequena Localidade Rural”, com 3,36 kWp, três aerogeradores de 1 kW cada e um banco de baterias de 4.800 Ah, que foi instalado na comunidade de Boa Esperança, no entorno do Parque Estadual do Jalapão em Tocantins.

O trabalho é coordenado pelo Professor Joel Carlos Zukowski Jr. do Centro Universitário Luterano de Palmas. Como os resultados não atenderam as especificações, somente cabe comentar que a distância de 440 km desde Palmas pode ter sido excessiva para um projeto de pesquisa que necessita de acompanhamento contínuo.

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO ATENDIMENTO ENERGÉTICO RURAL DESCENTRALIZADO A PARTIR DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Este capítulo visa demonstrar a viabilidade econômica de atender com fontes renováveis de energia às comunidades isoladas da Amazônia, e, ao mesmo tempo, gerar trabalho e renda para a população local. No entanto, ressalta-se que na análise a seguir somente foram consideradas as opções de geração com tecnologias consolidadas porque se trata de uma região remota de difícil acesso e os equipamentos serão, em geral, financiados com recursos públicos.

No início, para respaldar os modelos de negócios indicados, inseriu-se um resumo sobre a questão do desenvolvimento sustentável da Amazônia rural, tendo como eixo a extração de produtos nativos, que na forma atual, tal como é praticada pelos seringueiros, não alcança sustentabilidade econômica. Contudo, ao longo do capítulo, demonstra-se que a renda local aumenta substancialmente ao serem introduzidas estratégias de agregação de valor aos produtos da floresta, e se estabelece um vínculo entre o bem-estar social e a preservação da floresta nativa em pé.

A hidroeletricidade, onde disponível, representa uma opção econômica válida devido ao seu baixo custo de operação e manutenção. Por serem instalações pequenas, elas estão sujeitas a falta parcial ou total de capacidade, para atender a demanda durante os períodos de estiagem. Por esse motivo, estes aproveitamentos hidráulicos deverão incluir alguma composição híbrida com outra fonte primária de energia. Tal arranjo terá de ser muito bem planejado, para que o custo do sistema seja mínimo. No caso, por exemplo, de uma complementação diesel, o uso deve ser minimizado para evitar que os aspectos econômicos e ambientais positivos da energia hidráulica sejam reduzidos, ou anulados por essa geração complementar de eletricidade.

Do ponto de vista econômico, a energia eólica apresenta características semelhantes aos sistemas hidráulicos, sendo apenas necessário levar em conta que se trata de uma fonte primária com disponibilidade intermitente. Por causa dessa característica, o planejamento do sistema isolado deve obrigatoriamente comportar algum meio de estocagem de energia, ou então incluir outra fonte primária para complementar a geração nos períodos com pouca ou nenhuma intensidade de vento. Valem então os mesmos cuidados que foram especificados anteriormente para não deixar que a fonte complementar anule os benefícios econômicos e ambientais positivos da energia eólica.

A abordagem econômica da energia solar fotovoltaica está voltada para o atendimento domiciliar de moradias isoladas. Entretanto, ressalta-se que o valor elevado do investimento fotovoltaico acarreta na instalação de capacidades de geração reduzidas. As quais, por sua vez, resultam insuficientes para apoiar as atividades produtivas de beneficiamento destinado a agregar valor à produção local, sendo, portanto, uma opção que não contribui para o aumento local da renda. Sobre este aspecto, os estudos do “Projeto Equinócio” da UnB na Rerop indicaram que a pouca melhoria da qualidade de vida, resultante da energia solar fotovoltaica, não foi suficiente para impedir a degradação ambiental e o êxodo dos habitantes da floresta. Naquele local, as famílias beneficiadas continuaram a prática do agro-extrativismo, mas enfatizaram cada vez mais a atividade agrícola, e permaneceram imersas na miséria e na exclusão social. Merece ser lembrado que as informações trazidas pela televisão servida por energia solar fotovoltaica apenas mostraram a existência de um mundo exterior apa-

rentemente melhor, em que a renda era obtida sem tanto sacrifício.

Esquemas híbridos de geração, combinando sistemas fotovoltaicos, eólicos e diesel serão também analisados. Ademais, essa forma integrada de geração pode ser tomada como parâmetro para outros esquemas híbridos.

A exploração sustentável dos frutos oleaginosos nativos representa uma opção altamente atrativa porque com o lucro da venda do óleo vegetal todos os custos de produção estão cobertos. Tal resultado acontece, mesmo após remunerar a mão-de-obra envolvida, fazendo com que este modelo promova um verdadeiro desenvolvimento regional sustentável. Como essas populações têm sobrevivido praticamente sem o apoio da energia elétrica, o novo processo necessita ser iniciado com grupos-geradores movidos a óleo diesel, para depois ser gradativamente efetuada a substituição para o óleo vegetal. Entretanto, essa alternativa torna necessário o desenvolvimento de motores de pequena potência com pré-câmara de combustão, ou motores mais robustos com kits de conversão capazes de queimar o óleo vegetal sem as dificuldades apresentadas pelos motores convencionais. Isso significa que os grupos-geradores convencionais deverão ser trocados, o que encarecerá a eletrificação. Por outro lado, o desenvolvimento de motores com as características especiais acima descritas poderá interessar a iniciativa privada, se o mercado for promissor, e resultar na redução dos custos.

O uso de biodiesel pode ser uma alternativa para utilizar os grupos-geradores convencionais, desde que devidamente ajustados. Hoje no Brasil, existe pelo menos uma empresa montadora de grupos-geradores que mantém a garantia dos seus equipamentos quando utilizados com biodiesel, sempre que este seja aprovado por empresa certificadora. Contudo, a grande dificuldade dessa alternativa é a produção de biodiesel de qualidade em localidades remotas e isoladas.

Para aumentar a eficiência econômica do beneficiamento dos frutos oleaginosos, indica-se o uso dos resíduos para gerar energia elétrica por meio de alguma tecnologia consolidada. No caso de sistemas com demanda superior a 40 kW, o único esquema de co-geração atualmente confiável e com baixo custo de O&M representa o conjunto formado por caldeira e turbo-gerador a vapor, cuja menor potência padronizada é de 50 kW. Essa estratégia de co-geração com os resíduos viabiliza o suprimento energético das atividades de beneficia-

mento, atende as moradias e outras cargas situadas nas vizinhanças, e contribui para aumentar a renda da mini-indústria.

Para os sistemas pequenos, menores que 20 kW de potência, porém situados em locais acessíveis, o uso de gaseificadores poderá ser aceito, desde que seja efetivamente mantido algum tipo de acompanhamento e assistência técnica. Essa opção de uso de gaseificadores nas cargas isoladas menores vem de encontro ao problema de atender as demandas formadas por algumas moradias e um pequeno beneficiamento agro-extrativista, que geralmente processa frutos oleaginosos e produtos agrícolas. Entretanto, no Brasil não há nenhuma experiência positiva com gaseificadores.

Os biodigestores representam uma alternativa energética promissora porque o biogás gerado é um produto limpo e adequado, para ser utilizado em motores de combustão interna. Eles são indicados para atender as cargas menores, inferiores a 20 kW, porém necessitam de mais estudos, não somente por causa da necessidade de adequar o aspecto tecnológico à Região, mas, também, para estabelecer regras e procedimentos operacionais capazes de viabilizar a exploração econômica desses equipamentos. Destaca-se que o maior problema do biogás é a rejeição cultural feita pelo brasileiro, o qual sempre considerou descartáveis os dejetos humanos e de animais.

Das demais alternativas energéticas, somente o gás natural foi considerada para análise econômica. Quanto ao vetor hidrogênio e as células a combustível, repete-se aqui a constatação efetuada no capítulo anterior, que mostrou a necessidade da realização de estudos e de pesquisas para torná-las viáveis e compatíveis com as especificidades da Amazônia.

De um modo geral, quase todas as fontes renováveis não foram ainda largamente testadas na Amazônia, e pouco se sabe sobre o desempenho econômico, social, tecnológico e ambiental, que elas refletirão no longo prazo. Por outro lado, o gerenciamento semi-centralizado aplicado pelas concessionárias de energia elétrica, quando confrontado à realidade de consumidores esparsos e muito distantes da sede, resulta por demais oneroso e inviabiliza o atendimento. Desse modo, a diversidade física e humana da Região e a falta de compatibilidade dos esquemas existentes tornam necessária a criação de novas modalidades de produção e comercialização de energia, conforme se pretende recomendar ao longo deste capítulo.

Quanto ao referencial consultado, aqui estão reunidos conhecimentos relatados na bibliografia

tradicional, e se incluem aqueles citados no capítulo anterior, porém agora instruindo o aspecto da sustentabilidade econômica merecem realce alguns trabalhos mais específicos. O “Projeto de Referência em Energia Fotovoltaica” conduzido pelo “Projeto Equinócio” da UnB durante os nove anos de atuação na Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto, em Rondônia (Melo, 2005). O “Projeto de Óleos Vegetais” da UFAM, com nove anos de implementação na Reserva Extrativista do Médio Juruá, no estado do Amazonas (Correia, 2004 e 2006). O monitoramento dos projetos pilotos do Programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, constantes da Carta-Acordo PNUD/CNPq Financiada com Recursos do FUMIN/BID, elaborado em junho de 2006, pelo PLpT do MME (Barreto, 2008a,b).

Cabe então destacar que o modelo energético, baseado nas matérias-primas extraídas da floresta, requer que várias barreiras sejam superadas. Por um lado, os antropólogos e os ecologistas deverão aceitar a idéia da energia como meio para melhoria da qualidade de vida local, revendo pontos de vista divulgados pela imprensa e posições pessimistas implícitas em referências bibliográficas como Allegretti, (1994) e Almeida & Menezes, (1994). Ao mesmo tempo, a idéia do lucro ser o principal motivador da universalização do fornecimento de energia elétrica terá de ser reavaliada em função da compensação ambiental de um desenvolvimento sustentável implicar contrapartidas financeiras. Por último, a legislação deverá sofrer as mudanças necessárias para uma efetiva universalização, com a criação de facilidades e eliminar os empecilhos.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA

Ao longo de sua existência, a civilização determinou uma clara distorção no uso dos recursos naturais, que ficou evidenciada pela forma de apropriação dos valores econômicos nele contidos. Os processos envolvidos levaram a degradação ambiental e a erosão dos valores sociais, a partir da concentração dos benefícios do uso destes recursos naturais, em que a responsabilidade de garantir a perpetuidade dos estoques não foi respondida. O estudo dessa evolução possibilita recordar alguns aspectos fundamentais e instruir, com mais consistência, o planejamento energético da Amazônia, que além do aspecto ambiental também deve considerar a realidade humana, para a qual está sendo formulado, e sobre a qual deve, justamente, alcançar o maior nível de sucesso.

Conceito de Desenvolvimento Sustentável

Até a década de 30 o conceito de desenvolvimento estava fortemente ligado ao avanço tecnológico e ao conforto das pessoas, tendo como principal mecanismo de distribuição da renda o mercado auto-regulado. Segundo Mota (2001:30), “após a Segunda Guerra Mundial, a idéia desenvolvimento passou a estar associada ao bem-estar social, pois se identificou com direitos sociais, segurança social e políticas redistribuidoras de renda”.

A questão do desenvolvimento sustentável começou a surgir com a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, em 1972. Naquela ocasião, concebeu-se o Meio Ambiente como afetando a qualidade de vida das populações. As conclusões desse encontro introduziram a discussão sobre as limitações dos recursos naturais e suas influências no desenvolvimento futuro. Mesmo com todas as pressões da época, o Brasil ainda não tinha acordado para essa problemática. Segundo Viola & Leis (1995:83), “nessa Conferência, o governo brasileiro foi o principal organizador da resistência a se conferir uma importância maior ao problema ambiental, principalmente devido à sua política interna baseada na atração de indústrias poluentes, e na migração de populações desfavorecidas para a Amazônia com o objetivo de evitar a reforma agrária em suas regiões de origem”.

O “Relatório Brundtland”, formulado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, e relatado no livro “Nosso Futuro Comum” coordenado por Gro Harlem Brundtland tornou popular a definição de Desenvolvimento Sustentável atualmente em uso (Cmmd, 1988:46). Nele está definido que “o desenvolvimento sustentável é aquele que supre às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”. Essa definição contém ainda dois conceitos chave: *a)* o conceito de ‘necessidades’, sobretudo das necessidades essenciais dos pobres do mundo, que devem receber a máxima prioridade; e *b)* a noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo-o de atender às necessidades presentes e futuras.

O Relatório Brundtland, igualmente, expressa que o conceito de desenvolvimento sustentável torna prioritário o objetivo de satisfazer as necessidades e as aspirações humanas (Cmmd, 1988:46-47). Nele foi enfatizada a importância das gerações presentes terem suas necessidades atendidas. Conforme

a Comissão afirma: “a pobreza não é apenas um mal em si mesma, mas para haver um desenvolvimento sustentável é preciso atender as necessidades básicas de todos, incluindo a oportunidade de realizar suas aspirações de uma vida melhor. Um mundo onde a pobreza e a injustiça são endêmicas sempre estará sempre sujeito as catástrofes ecológicas ou de outra natureza” por causa da pressão exercida sobre o ambiente, devido ao uso abusivo de seus recursos naturais, para aumentar a renda, visando ou melhorar as condições de conforto dos mais pobres, ou aumentar a riqueza dos mais favorecidos. Por isso, “o desenvolvimento sustentável requer a promoção de valores que mantenham os padrões de consumo dentro do limite das possibilidades ecológicas”.

Por outro lado, o desenvolvimento sustentável só ocorre quando o crescimento econômico acontece com o bem-estar social e com a preservação do meio ambiente. Entretanto, nos países em desenvolvimento as necessidades básicas de grande número de pessoas – alimento, roupas, habitação, emprego – não estão sendo atendidas. Conforme o RDH (1998:iii), “mais de um bilhão de pessoas não têm oportunidade de consumir por vias que lhes permitam satisfazer as suas necessidades básicas, e além dessas necessidades básicas, as pessoas, também, aspiram, legitimamente, a uma melhor qualidade de vida.”

Para fazer face às pressões sobre o ambiente, o desenvolvimento sustentável deve estar embasado no crescimento econômico real, de modo a tornar possível a geração de capacitação técnica apto a resolver os problemas ambientais. A partir desse conceito, os três grandes objetivos para serem alcançados são: eficiência econômica, igualdade social e integridade ambiental. O desenvolvimento sustentável pode assim, teoricamente, seguir colocações políticas e sociais rígidas. No entanto, a sustentabilidade física somente será durável se as políticas desenvolvimentistas concentrarem seus esforços em mudar as considerações sobre o acesso aos recursos e a distribuição dos custos e benefícios para obtê-los. Além disso, a noção de sustentabilidade física implica uma preocupação com a equidade social entre as gerações.

O futuro das relações entre o homem e os recursos naturais depende da identificação das formas de uso e das técnicas de transformação capazes de gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos. A identificação destas formas provocou o surgimento de paradigmas, que determinaram os rumos para os quais os povos de diferentes raças caminharam durante os diversos processos de organização social e cultural.

No centro do problema do desenvolvimento sustentável está o homem, que age conforme a capacidade própria de influir no seu destino, e em função do meio em que vive. Se ele não possui competência crítica, para decidir a forma de melhorar a sua qualidade de vida sem destruir o meio ambiente, assim mesmo o desenvolvimento poderá ser alcançado, porém, conforme o Cmmad (1988:46-49), não será sustentável. Existe, portanto, a necessidade do homem superar o estágio de pobreza política, a qual é o reflexo de comportamentos gerados a partir de três eixos principais: a miséria em si mesma, a falta de educação e a ausência de infra-estrutura básica.

O baixo nível educacional dessas populações, geralmente imersas no analfabetismo, impede o acesso a uma melhor qualidade de vida (Paiva, 1991:184). Mesmo se elas trabalham regularmente, a falta de um conhecimento mínimo das coisas ao seu redor não permite o surgimento de atitudes de poupança e acumulação, o que, por sua vez, torna volátil qualquer ganho obtido. Como poupar, se o trabalho de todas as horas do dia não é suficiente para obter o sustento mínimo e a noite, sem iluminação, nenhuma atividade educacional ou produtiva pode ser realizada?

Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável da Amazônia implica a exploração dos seus recursos naturais. De um lado, utilizando-a em benefício da sociedade local, com o objetivo de superar a pobreza, e, de outro, zelando para que as necessidades das gerações futuras não sejam comprometidas. Em oposição a esse tipo de comportamento, a ocupação recente da Região tem provocado profundas alterações no meio ambiente, principalmente com o desmatamento intenso para liberar o solo destinado à agricultura e à pecuária.

Nos últimos 30 anos, as alterações do ambiente natural da Amazônia cresceram de forma acentuada. As perdas de solos férteis e os desequilíbrios hidrológicos e micro-climáticos vêm causando o desaparecimento de espécies vegetais e animais. Além disso, essa exploração destrutiva não resultou em ganhos duráveis, pois a região possui solos frágeis, que, ao ficarem desprovidos da capa vegetal protetora, passam a ser lixiviados pelas precipitações abundantes, e rapidamente perdem sua fertilidade. Como resultado, os novos habitantes, geralmente isolados no interior da floresta, tornaram-se excluídos da sociedade moderna: prisioneiros de um permanente estado de pobreza material, imersos na insalubridade, com

alimentação insuficiente, moradia precária, saúde comprometida, ausência de educação e falta de outros bens e serviços inalcançáveis.

Embora no passado recente o desenvolvimento sustentável da Amazônia tenha sido um assunto muito discutido, com inúmeras sugestões apresentadas, e, inclusive, algumas acolhidas pelos poderes públicos, a repercussão positiva ainda está para acontecer. Uma prova disso são os altos índices de desmatamento, sempre ao redor de 20.000 km² por ano, que vêm mostrando, na prática, a ineficiência das opções adotadas.

Para reverter esse quadro de destruição ambiental da Amazônia, assim como superar a pobreza crônica da civilização ocidental ali implantada, sabe-se que a única saída está no desenvolvimento sustentável, com a atividade econômica condicionada à preservação ambiental. Uma conduta que poderia ser implementada caso as práticas sustentáveis adotadas durante milhares de anos pelos habitantes tradicionais da floresta, e sem provocar a destruição desta, fossem adotadas para indicar os caminhos de uma ocupação compatível com o ecossistema da região. Isso significaria valorizar e comercializar os produtos não-madeireiros das árvores, por meio da disseminação da prática do extrativismo e, desse modo, vincular a renda à conservação da floresta (Rodrigues, 2004a,b).

Nesse contexto, o papel da energia na Amazônia sempre foi marginal, em todos os sentidos, sendo considerada apenas um instrumento para realizar melhor as atividades produtivas, e, portanto, adotada sem absolutamente nenhum critério, ou somente considerando os fatores de disponibilidade e de custo. Assim sendo, a energia nunca contribuiu na direção de facilitar a integração do indivíduo civilizado com a floresta e, cada vez mais, foi sendo confirmada sua participação nos processos causadores da destruição da natureza. Esta realidade é confirmada pelo quadro de devastação da floresta existente, após alguns anos, em todos os locais por onde passou uma rodovia ou uma linha de transmissão de energia elétrica.

Destaca-se que a influência da energia no processo de descaracterização do ambiente natural da Amazônia inicia-se quando os pequenos aglomerados urbanos isolados conseguem um grupo-gerador a gasolina, ou a diesel, e a aquisição do combustível passa a drenar rapidamente a pouca renda local, insuazendo, ao mesmo tempo, a necessidade do aumento do poder aquisitivo. Tal situação, por sua vez, passa a ser alcançada com a degradação cada vez maior da natureza (Di Lascio, 1999). Essa triste realidade

é comprovada nas imagens noturnas efetuadas pelos satélites de baixa órbita, conforme estudo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e apresentado por Gusmão (1999), revelando que, num raio de 25 km dos vilarejos com luz elétrica estão cerca de 95% de todos os locais de extração de madeira e de ocorrência de queimadas. Segundo este mesmo artigo da Embrapa, “pelo novo levantamento, a destruição está diretamente ligada aos núcleos de civilização”, com “esses povoados servindo de bases avançadas para a exploração da região e a alavanca de um processo irreversível de urbanização”.

Surge, então, o dilema entre evitar o desenvolvimento para tentar preservar a floresta amazônica, deixando as populações ali existentes imersas na pobreza, ou introduzir os benefícios de infra-estrutura, principalmente a energia elétrica, que geralmente contribuem para a destruição do ecossistema natural. A resposta não é simples, mas, certamente, passa pelo duplo objetivo da desejada melhoria do conforto dos habitantes e da valorização dos produtos do extrativismo para prover o tão almejado aumento da renda.

Extrativismo e a Amazônia

No contexto do desenvolvimento sustentável o extrativismo constitui uma atividade adequada por excelência, porque sua base de sustentação econômica é formada pelo aproveitamento dos recursos naturais nativos não-madeireiros. Essa ótica é reforçada pelo caráter tradicional da atividade extrativista de coleta sustentável e não predatória na Amazônia. Como exemplos de produtos nativos comercializados podem ser citados o látex, o óleo de copaíba, a castanha-do-pará, as raízes, a caça, a pesca, etc, que sempre foram fontes de renda do homem regional.

Em muitos locais da Amazônia foram estabelecidas áreas protegidas, chamadas de Reservas Extrativistas, definidas como espaços territoriais protegidos pelo poder público, destinados à exploração sustentável e à conservação dos recursos naturais renováveis, nos quais a ocupação e a exploração econômica estão direcionadas para o extrativismo. Elas são reguladas por contratos de concessão, que devem ser apresentados pelas populações com tradição no uso dos recursos extrativos ao Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (Icmbio), órgão responsável pela gestão das Unidades de Conservação.

As Reservas Extrativistas são, portanto, áreas de desenvolvimento sustentável preferenciais, regidas pelo Decreto-Lei nº 98.897 de 31/01/90, em que as

atividades econômicas estão baseadas na extração de produtos da floresta, na agricultura, na criação de animais domésticos, assim como no beneficiamento destes produtos em pequenas indústrias. Estas ações, para atender os propósitos originais, devem preencher critérios de sustentabilidade e retorno social.

Desde a sua normalização, as áreas dedicadas ao extrativismo passaram a ser organizadas em associações de moradores, as quais ficaram concessionárias do direito de uso cedido pelo Estado. Essas associações, sob a fiscalização do poder público, tornaram-se responsáveis pela gestão dessas áreas e passaram a controlar a utilização dos recursos. Esta modalidade evitou a fragmentação por meio da venda a migrantes recém-chegados, que era um fato muito comum nos Projetos de Colonização. A partir de então, tais áreas passaram a ser destinadas aos extrativistas em regime de concessão real de direito de uso por um período não inferior a 60 anos. No entanto, após 15 anos da criação da primeira Reserva Extrativista, e com mais de 30 unidades oficializadas, somente dois contratos de concessão foram assinados (Melo, 2005).

Apesar do pouco apoio do Estado, as Reservas Extrativistas vêm apresentando um desempenho ambiental um pouco melhor que as outras áreas. Mesmo se hoje em dia o extrativismo enfrenta dificuldades, é fato que nas reservas o desmatamento está direcionado para a agricultura, não ultrapassando, na média, 2 ha por ano por família, e a pecuária é praticamente inexistente. Também nas reservas pouco se encontra da venda ilegal de madeira ou da ocorrência de grandes queimadas.

Por que os Produtos Nativos Não Acarretam em Sustentabilidade Econômica?

Em princípio, a extração sustentável de produtos nativos renováveis como fonte de renda deveria ser uma atividade altamente desejada e

difundida, pois propicia renda para os habitantes da floresta ao mesmo tempo em que concorre para conservar o meio natural. Entretanto, a realidade é outra porque os poucos produtos extrativos comercializados são entregues aos atravessadores por menos de um quarto do seu valor de mercado. Tal fato acontece com a borracha, o murú-murú, a unha de gato (*mimosacea, nc*), entre outros. Como resultado do baixo retorno, o extrativismo tem desmotivado o morador da floresta em continuar com essa atividade, e, erroneamente, confirma que o extrativismo por si só não promove o desenvolvimento sustentável. Tal situação contribui para a falta de processos de agregação de valor por causa da ausência de força mecânica para mover qualquer tipo de beneficiamento, inclusive alguma mini-indústria.

De fato, nos locais em que não existe oferta de energia elétrica, também são registrados os menores Índices de Desenvolvimento Humano, indicando que a falta de infra-estrutura é o principal entrave ao desenvolvimento e ao bem-estar social. Além disso, o fornecimento de eletricidade a partir do óleo diesel tem custos operacionais excessivos. Ou seja, se não existe desenvolvimento sem energia, também não há equilíbrio econômico durável com eletricidade de termelétricas a diesel.

A deficiência energética que incide sobre a população rural da Amazônia representa um fator significativo da exclusão social generalizada que ali existe. Um exemplo de como essa carência incide sobre os habitantes é apresentado na Tabela-4.1, que mostra a estratificação social verificada na Regional do Juruá (Dias, 2005a). Uma realidade que depende da distância entre o local da moradia e o rio principal. Quanto mais longe do rio principal fica situada a habitação, piores são as formas de atendimento energético, o que, por sua vez, incide na falta de produção e na impossibilidade de transporte, e piora a qualidade de vida dessas comunidades.

TABELA-4.1. ESTRATOS SOCIAIS DE ACORDO COM O ACESSO A ENERGIA NA REGIONAL DO JURUÁ.

	Iluminação	Cozimento	Transporte	Uso Coletivo
Alto dos Igarapés	Poronga*	Lenha ou Carvão	Nenhum	Nenhum
Foz dos Igarapés	Vela	Lenha e Gás	Canoa	Televisão Comunitária
Rios	Bico de Luz	Gás	Canoa e Motor	Rede de Energia e Casa de Farinha

* Poronga: lâmparina a óleo diesel.

Fonte: Dias (2005a).

Pode-se, então, apontar que por causa do elevadíssimo custo da energia elétrica, nos vilarejos isolados da Amazônia, o estado de pobreza aguda é geral. Para assistir televisão durante algumas horas por noite, a comunidade utiliza os seus parques recursos na aquisição de combustível, em prejuízo de outros bens de consumo. Desse modo, a energia elétrica contribui para agravar a pobreza. Mesmo quando a energia é utilizada para movimentar um pequeno beneficiamento de farinha de mandioca ou de arroz, seu custo é tão alto que pouco influi na agregação de valor aos produtos locais, perpetuando a renda das famílias com valor inferior a meio salário mínimo por mês.

Tal situação de pobreza dos ribeirinhos poderia ser revertida caso fossem aproveitadas as riquezas naturais, principalmente as espécies oleaginosas existentes na floresta nativa. Estas espécies nascem onde ocorrem inundações periódicas, ao longo das calhas dos rios da Planície Amazônica, que têm geralmente entre 5 a 10 km de largura e nos imensos estuários, como na ilha de Marajó. A densidade das plantas é muito alta, geralmente em regime misto, com espécies diferentes em um mesmo hectare, como por exemplo, segundo Eloy (2001), na altura de Carauari, na Remj, onde na área de um hectare podem ser simultaneamente encontradas 14 plantas de murú-murú (*Palmae, Astrocaryum sp. n.c.*), 37 de uricuri (*Attalea phalerata Mart.*) e 177 de andiroba (*Carapa guianensis Aubl*). Essa distribuição mista se altera em toda a Amazônia, porém, o número total de oleaginosas na mesma área é sempre grande, en-

tre um mínimo de umas 30 até um máximo de 200 plantas por hectare. Também existem as concentrações mais numerosas, porém de uma única espécie, como nos buritizais ou nos babaquais em que o número de plantas ultrapassa as 250 por hectare.

O aspecto contraditório de pobreza em meio de uma imponente riqueza natural foi ratificado várias vezes em todas as outras pesquisas do “Projeto Equinócio” na Amazônia. Assim se repetiu durante os levantamentos efetuados no Departamento do Beni na Bolívia, na metade norte de Rondônia, na maior parte do Acre, ao longo de 2.414 km do rio Juruá entre Carauari e a Foz do Breu na fronteira com o Peru, no entorno de Manaus, em todo o Amapá, na totalidade da Ilha de Marajó e na região de Marabá. Então, ao se levar em conta que, além dos rios principais, também há um número incontável de afluentes com a mesma incidência de plantas oleaginosas nas calhas inundáveis, chega-se a conclusão da existência de um imenso potencial de produção de óleo vegetal.

Essa contradição, sócio-econômica-ambiental está aqui detalhada a partir do levantamento da Regional do Juruá, quando os rios e suas imediações foram exaustivamente sobrevoados e navegados para a realização de fotografias, filmagens e entrevistas, conforme indica a Figura-4.1. Naquele trabalho, durante o tempo em que se verificou o panorama da Tabela-4.1, também se constatou por toda a parte uma elevada ocorrência de espécies oleaginosas, como apresenta a Figura-4.2, cuja diversidade é facilmente identificável.

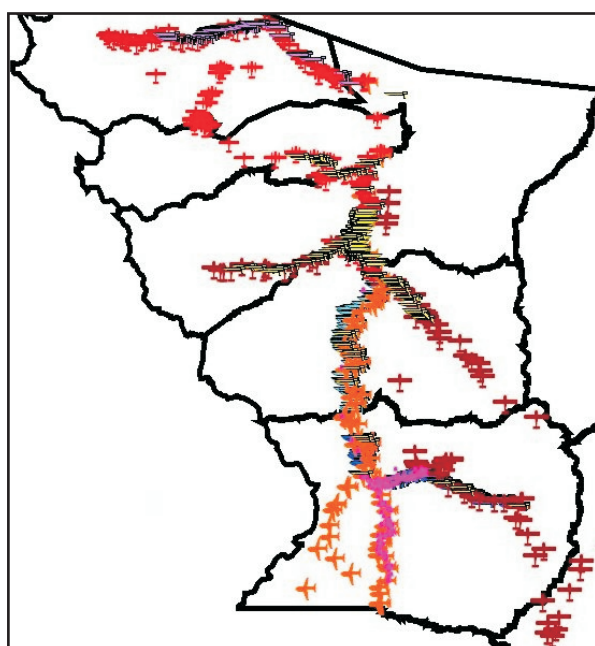


Figura-4.1. Pontos georeferenciados durante o levantamento do Alto Juruá.
Fonte: Di Lascio (2005a).

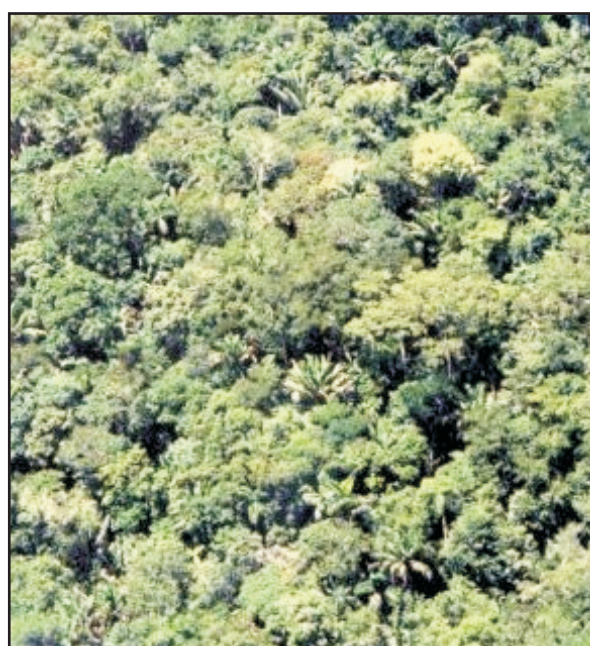


Figura-4.2. Floresta do rio Juruá, e sua diversidade característica de espécies.
Fonte: ibidem.

Tentando reverter o quadro negativo de pobreza dos ribeirinhos, os governos vêm propiciando iniciativas tímidas de infra-estrutura para as comunidades rurais da Amazônia, quase sempre voltadas para as reservas extrativistas e os assentamentos do Instituto Nacional de Reforma Agrária. Ora são construídas escolas, postos de saúde, casas de farinha e outras instalações, ou são ministrados cursos para extração de murú-murú, unha-de-gato (*mimosacea, nc*), etc, que, portanto, não têm sido suficientes, pois não trazem consigo qualquer modelo de gestão efetivamente sustentável. Como consequência, as comunidades se tornam vulneráveis aos interesses meramente econômicos dos atravessadores da matéria-prima, e, em consequência, os poucos produtos extraídos não geram uma renda capaz de estimular a organização da comunidade em torno dessa atividade.

Como resultado da falta de alternativa econômica, a renda média é inferior a meio salário mínimo por família, e resta a estas populações desenvolver a agricultura e a pecuária, avançando no desmatamento. Rompe-se, então, o equilíbrio tão bem observado por Cunha e Almeida (2002:19) durante seu estudo sobre a Reaj, no qual tomaram por referência vários anos de observações *in loco*, e expressaram que “os roçados são sustentáveis, por ocuparem pequenas áreas, e permitirem a reconstrução da floresta natural”. Os mesmos autores ainda acrescentaram: “as perturbações humanas tradicionais são pequenos roçados, com área média de meio hectare por família, aberto anualmente por seringueiros na mata bruta, que ao serem abandonados se convertem novamente em floresta, após atravessarem uma sucessão de estágios”. Eles constataram que, “a agricultura praticada pelos seringueiros tem uma magnitude desprezível, de menos de 1% do território total que ocupam”. Infelizmente, estas conclusões pertencem ao passado e a prática de um novo modelo de ocupação nessa Reserva pode ser comprovada a partir do índice de 2,4 ha de área plantada por domicílio verificado em 2004.

Esse aumento da área de floresta modificada tem por origem a falta de renda propiciada pelo extrativismo, que induz o seringueiro a ampliar sua atividade pela exploração do solo, e aumenta o desmatamento ao executar a nova estratégia de sobrevivência. No entanto, a falta de beneficiamento da produção continua impedindo uma renda digna, o que perpetua a exclusão social. Faltam recursos materiais, remédios e até mesmo alimentos. Some-se a isso o comprometimento da pouca renda com o consumo de alguns bens manufaturados

e com o combustível para o transporte da matéria-prima produzida.

Constata-se então que na Reserva Extrativista do Alto Juruá os níveis de desempenho social e ambiental são muito baixos, mesmo com o alto nível de organização interna e o apoio governamental a ela dedicado. Esta realidade, ao ser analisada juntamente com a situação econômica precária e o mau desempenho ambiental observado em outras áreas, possibilita generalizar para as demais uma realidade ainda pior. Assim, tentar consolidar a coleta sustentável de produtos nativos da floresta como a base de uma economia extrativista, porém mantendo a mesma configuração de escassos recursos financeiros e tecnológicos até hoje empregados, é uma empreitada fadada ao fracasso.

Para continuar como vem sendo praticado, somente resta apoiar a tese de Homma (1993:6) em que “a fase final do extrativismo decorre do esgotamento dos recursos naturais ou da rigidez da oferta. Para o extrativismo de coleta, o ponto em que a oferta passa a ser inelástica ocorre quando os preços atingem níveis tão elevados, que estimulam as formas racionais de cultivo e criação, levando ao abandono ou à sua substituição por outras atividades”. Segundo esse mesmo autor “o extrativismo vegetal serve para conservar a pobreza”. Uma tese que foi corroborada em uma mesa-redonda do encontro denominado “Forest 90”, realizado em outubro de 1990, em Manaus, no qual todos foram unânimes em concluir que os seringueiros não teriam a oportunidade de progredir economicamente se continuassem a depender do extrativismo.

A implementação de uma realidade distinta da que foi acima descrita depende da geração de um novo modelo econômico de valorização efetiva dos produtos nativos. A existência de recursos naturais suficientes para isso vem, entre outras fontes, de um artigo assinado pelos renomados pesquisadores dos Estados Unidos: Charles M. Peters, do New York Botanical Garden, Alwyn H. Gentry, do Missouri Botanical Garden e Robert O. Mendelsohn, da Yale University (1989). Eles reuniram dados sobre o inventário botânico, produção e valor corrente de mercado, para todas as espécies de árvores comerciais presentes em um hectare da floresta de Mishana, situada em Iquitos, na Amazônia peruana. A partir destas informações, chegaram ao resultado de que a receita total líquida gerada pela exploração sustentável da floresta por meio do manejo da extração de madeira em ciclos de vinte anos, e da coleta anual de frutas e látex, resultava duas ou três

vezes maior do que a obtida com a conversão da floresta para outros usos.

Em consequência dos aspectos acima descritos fica evidente que a discussão gira em torno do contraste entre o modelo de Homma, cujo referencial é a realidade vigente, e a tese dos americanos baseada num extrativismo com a rentabilidade maximizada. Então, antes de concordar com um ou com outro é preciso reafirmar que o modelo vigente é de fato insustentável. Mas, isso não quer dizer que uma atividade econômica baseada na conservação da floresta o seja. Assim, a discussão passa a ser sobre o “modelo” adotado, e não voltada para o extrativismo em si. Nesse caso, a pergunta que devemos fazer é sobre qual o modelo de extrativismo que poderá tornar a floresta nativa rentável e sustentável.

Cunha e Almeida (2002:22) também afirmam que “há maneiras de corrigir o descompasso entre valor de mercado do produto extrativo e o valor necessário para a sobrevivência do extrativista. Para eles, o meio mais evidente significa a implantação de políticas que visem compensar a desvantagem atual dos produtos extrativos, subsidiando a sua produção, criando quotas para proteger seus mercados, e eliminando os subsídios que perversamente estimulam a agricultura e a pecuária. Essas soluções podem ser acompanhadas de outros mecanismos, tais como a certificação dos produtos para que possam ser oficialmente considerados como inseridos no sistema de conservação da natureza”.

Essas duas alternativas propostas – a manutenção dos subsídios e a certificação – tal como afirmam Cunha e Almeida (op. cit.), não passam de “meios mais evidentes” para solucionar o descompasso entre a demanda da sociedade e o movimento dos mercados. Portanto, a busca de uma solução mais duradoura, e que gere maior autonomia para os extrativistas, exigirá a introdução de novas técnicas de produção e beneficiamento no local, de forma a agregar um valor real aos produtos extrativos e permitir um maior retorno financeiro. Isso conduz a afirmação de que somente praticando a autonomia econômica será possível falar em sustentabilidade sem confundir sustentabilidade com políticas paternalistas.

Aliás, entende-se que sustentabilidade não é a mera preservação dos recursos naturais para as gerações futuras, pelo preço da fome e miséria da geração atual. Nesse sentido, o modelo econômico extrativista implantado na Regional do Juruá alija as populações locais de qualquer forma de consumo e bem-estar. Ou seja, pede-se que os habitantes desses locais abdicuem de fazer uso dos recursos naturais

hoje para deixá-los como estoque ou opção para as gerações futuras. Uma perspectiva que equivocada quanto ao significado do termo “sustentabilidade”, pois, sustentabilidade não exclui as gerações atuais. Não se pode conceber como sustentável um modelo de gestão ambiental que relega o hoje, em favorecimento do amanhã.

Assim sendo, para alcançar o desenvolvimento sustentável a partir da floresta nativa, a educação adquire um papel central, pois, sem ela, as oportunidades ficam muito prejudicadas. Vale então repetir o questionamento feito por Melo (2005). “Como levar o homem a aproveitar de forma mais racional o ecossistema em que ele vive sem que ele tivesse sido educado para isso? Como fazê-lo aprender a manejar novas técnicas e, principalmente, novas ferramentas sem que ele possua um mínimo de instrução para ser capaz de fazer contas e ler algumas instruções básicas? Por outro lado, como levá-lo a aprender se ele trabalha de sol a sol, e a noite não tem luz nem para estudar?”

Oportunidade do Desenvolvimento

Segundo Pedro Demo (1997:10), “o desenvolvimento é definido como ‘oportunidade’, ou seja, como fenômeno fundamentalmente histórico, que depende de circunstâncias dadas disponibilidade de recursos materiais, tamanho do país e da população, facilidade de acesso comercial, condições de infraestrutura física, etc, mas principalmente da qualidade histórica da população. Esta qualidade histórica pode ser traduzida como competência histórica, no sentido de saber fazer a história própria, transformando o que seria problema em oportunidade; assim, o desenvolvimento pode ser ‘feito’ e principalmente ‘conquistado’, desde que se promova, na população, a devida competência.”

Na ótica de Roberto J. Richardson (1983:76): “o desenvolvimento não é um conceito alheio às pessoas, é vivido por elas. Tanto na cidade, quanto no campo, e tanto na indústria, quanto na roça; as pessoas devem respeitar-se e trabalhar juntas para o bem-estar de todos. Assim o desenvolvimento é essencialmente democrático, e a sociedade deve organizar-se de tal maneira que permita uma melhoria nas condições de vida da grande maioria da população.” Mais adiante, Richardson complementa: “Uma das principais exigências para uma estratégia de desenvolvimento rural é a integração real do camponês ao poder político. Isto começa com uma abertura

de diálogo com os camponeses. Se sabe que, os diversos programas de ‘desenvolvimento’ rural são impostos aos mesmos; freqüentemente existe um monopólio do saber, e se desconhecem as diferenças sócio-culturais entre eles, os seus interesses e as aspirações. Não existirá desenvolvimento se as autoridades governamentais não permitem às comunidades rurais decidir a forma de enfrentar seus próprios problemas. Deve ser aceito que estas comunidades podem se responsabilizar de suas ações”.

No passado, para os indígenas a floresta sempre foi o principal fornecedor de material para a construção de casas e barcos, mas estes usos eram moderados, e o tempo de recuperação do ecossistema era suficiente para manter constante o estoque de recursos naturais. No entanto, com a entrada do homem originário da civilização ocidental, este equilíbrio foi rompido, pois passou a existir uma demanda maior do que a velocidade de reposição das matérias primas exploradas, tanto para um consumo próprio muito maior, quanto para o abastecimento de mercados externos à região. A partir dessa época, desapareceu a relação até então harmoniosa e razoável que existia entre o homem e a floresta, passando a ocorrer a destruição gradativa e constante da cobertura vegetal.

A castanheira é um exemplo da ruptura desse equilíbrio, cuja exploração excessiva em várias áreas, como na Rerop, não permitiu a renovação da espécie ao serem retirados do solo todos os frutos. Atualmente, a produção encontra-se muito reduzida, pois as plantas estão velhas, com mais de 100 anos. Mesmo assim, o potencial econômico da espécie merece atenção, porque como árvore nativa da região Amazônica, ela apresenta um bom desenvolvimento em vários tipos de solos, mais especificamente em terras firmes.

Deve ser citado que a castanha do Pará é um produto bem aceito no mercado internacional e nacional. Na década de 70, o mercado mundial de castanha movimentava cerca de US\$ 33 milhões anuais, dos quais US\$ 27 milhões eram originários do Brasil. Atualmente, a situação está invertida com grande parte da produção acontecendo na Bolívia, que se tornou um grande exportador de castanhas. No Brasil ela é quase toda consumida no mercado interno, e a parcela destinada a exportação é dividida entre castanha com casca e descascada. A renda na extração da castanha é baixa no sistema extrativo, girando em torno de US\$ 3,33 por dia trabalhado. Ela é um pouco melhor no regime cultivado, alcançando US\$ 6,68 por dia de trabalho.

Outro produto com grande potencial extrativo é o açaí, que é nativo da região Amazônica, e apresenta um bom desenvolvimento em vários tipos de solos, especialmente nas terras firmes das várzeas. Destaca-se que o açaí pode ser cultivado. Seu potencial reside na produção do palmito e na comercialização do fruto natural, que necessitam de transporte rápido para o mercado consumidor, ou até a indústria de beneficiamento, dentro de um prazo relativamente curto, cerca de 48 horas após a colheita. O mercado do fruto é limitado ao nível regional e nacional, e quase totalmente desconhecido no âmbito internacional. Pequenas quantidades de polpa congelada de açaí estão sendo comercializadas no centro-sul do Brasil, indicando uma possível demanda firme para este produto. Por outro lado, o palmito do açaí é voltado para o mercado internacional, com amplas possibilidades de crescimento de demanda, o que depende muito da certificação de procedência e de qualidade.

O óleo de copaíba que é retirado do tronco da copaibeira nativa da região amazônica (*Caesalpinaceae Copaifera spp.*), aparece como um produto de alto significado econômico. A comercialização desse óleo acontece principalmente no mercado interno das reservas extrativistas, e as exigências dos consumidores decorrem da demanda e do nível de qualidade existente em cada localidade. O óleo de copaíba possui um mercado em expansão, que depende basicamente do setor farmacêutico nacional, onde o produto é empregado como elemento medicinal. O mercado externo às reservas extrativistas ainda é muito limitado, e o produto tem sido utilizado de forma experimental em xampus e cremes hidratantes. O potencial para ele tende a aumentar, embora concorra com outros óleos vegetais naturais.

O babaçu (*Attalea speciosa*, Martiniana ex Spreng., *Orbygnia martiana* Barbosa Rodrigues) é uma planta da família das palmáceas (*Arecaceae*), dotada de frutos drupáceos com sementes oleaginosas e comestíveis, das quais se extrai um óleo empregado sobretudo na alimentação. Entre as populações indígenas ela é conhecida pelo nome de uauaçu, corrompido em aguaçu, bagaçu e guaguaçu. O fruto, quando maduro, cai no chão. A casca é fibrosa e fácil de separar, porém o caroço é duro, com elevado conteúdo calórico, inferior somente ao carvão mineral. Seu óleo possui excelentes qualidades como comestível e como energético.

O murú-murú é outro produto cuja demanda está aumentando. Quando maduro, o cacho cai inteiro no chão e os cocos são fáceis de quebrar. O óleo

após extraído da amêndoa solidifica abaixo de 32,5 °C, sendo muito semelhante à gordura de coco, com a vantagem de não rancificar facilmente. Ele é normalmente utilizado na fabricação de margarina e gorduras, e pode substituir a manteiga de cacau nos chocolates. Pode-se dizer que depois do babaçu é a oleaginosa de maior incidência na Floresta Tropical Úmida.

A extração e a comercialização de óleos vegetais serão aqui tratadas a partir da experiência obtida na Reserva Extrativista do Médio Juruá. Ali, as pesquisas sobre os recursos naturais iniciaram em 1994, quando o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) localizou um grande potencial de óleo vegetal de diversas espécies, entre elas a andiroba. Os primeiros levantamentos identificaram na REMJ uma capacidade de produzir 600.000 litros do óleo desta espécie por ano. Em 1998, o Programa do Trópico Úmido (PTU), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Cnpq), deu início ao apoio ao “Projeto Óleos Vegetais”, da UFAM, na comunidade do Roque, quando foi implementada a construção de uma rede elétrica trifásica de baixa tensão e a instalação de duas pequenas prensas para extrair óleo vegetal. Na mesma época, o “Projeto Equinócio” da UnB cedeu um grupo-gerador multicomcombustível de 115

kW. Nos anos seguintes, os esforços foram ampliados com a entrada do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Em 2000, a Aneel passou a apoiar financeiramente a pesquisa realizada no Roque pela Universidade do Amazonas através do anteriormente citado “Projeto de Geração Híbrida de Energia Elétrica com Uso Sustentado da Biomassa e Valorização da Biodiversidade Nativa em Duas Áreas de Preservação da Floresta Amazônica”, quando foram instaladas mais duas prensas com capacidade total de esmagamento de 400 kg/h de matéria prima oleaginosa.

Em 2003, foi fundada a Cooperativa de Desenvolvimento Agroextrativista e de Energia do Médio Juruá (Codaemj) que, em 2004, possuía mais de 150 sócios residentes tanto no próprio Roque como em vilarejos vizinhos (Correia, 2004). A mini-usina de extração de óleos vegetais, cujos operários aparecem na Figura-4.3, passou a ser operada pela Codaemj, e pode produzir até 1.200 kg de óleo por dia, em regime de operação de 10 horas, que equivale a uma capacidade média de cerca de 300 toneladas de óleo por ano. A questão social é outra atividade tratada pela cooperativa do Roque, que inclui a ação mostrada na Figura-4.4, na qual a Codaemj distribui merenda escolar para as crianças.



Figura-4.3. Operários Treinados no Roque.
Fonte: Correia (2004).

O sucesso da ação na comunidade do Roque tem como fator mais relevante a presença dos professores e técnicos da Universidade do Amazonas, que ensinaram e continuam acompanhando os moradores nas tarefas de extração e comercialização dos óleos vegetais dos frutos nativos da floresta. Os resultados alcançados até agora têm sido encorajadores, estando à comunidade envolvida motivada e trabalhando para consolidar a experiência.



Figura-4.4. Ação Social da Codaemj.
Fonte: ibdem.

Estratégia da Vantagem Competitiva com o “Cluster”

A teoria da vantagem competitiva indica a conveniência da concentração geográfica de empresas principais e correlatas voltadas para a oferta de determinados bens ou serviços relacionados. A aglomeração de indústrias de um mesmo ramo em uma determinada região recebe a denominação inglesa de

cluster, a qual é igualmente aceita na língua portuguesa. Alguns exemplos importantes de *cluster* são o de calçados abrangendo a região de Novo Hamburgo no Rio Grande do Sul e o de frutas para exportação na área de Petrolina, em Pernambuco.

No caso da Amazônia, autores como Zacca (2001) e Rodrigues (2004b) têm sugerido a formação de *clusters* produtivos para adensar as cadeias produtivas em torno de atividades exportadoras. Uma alternativa com capacidade de implementar atividades produtivas capazes de gerar postos de trabalho e de renda para a sua população. Por esse motivo, a estratégia do *cluster* vem se destacando entre as demais possibilidades de desenvolvimento, por causar forte interação existente entre os pólos dinâmicos locais e o mercado externo à Região.

Segundo Zacca (op. cit.), “a questão da deficiência de infra-estrutura na Amazônia é muito forte, constituindo grande óbice para o processo de dinamização da atividade econômica”. Entre as atividades propostas por Zacca, destacam-se o manejo florestal, a agroindústria de frutas tropicais e de palmáceas, e a produção de óleos vegetais para fins energéticos e industriais. Nessa ótica, Zacca prioriza “a delimitação de espaços propícios ao desenvolvimento de ações produtivas voltadas ao atendimento local, fomentando-se a formação de pequenas e médias empresas para a exploração de atividades que, por razões de proximidade geográfica ou de ordem cultural, podem se posicionar com vantagem para o atendimento desses nichos locais específicos, inclusive, abrangendo atividades de prestação de serviços nesses mesmos pequenos núcleos”.

Esse ponto de vista é reforçado por Rodrigues (op. cit.) quando explicita ser “inegável que a reunião de certas indústrias em locais específicos pode melhorar a competitividade do setor como um todo. No entanto, no caso do aglomerado ecossistêmico na Amazônia, em vista das condições de dispersão das espécies inseridas no processo produtivo, algumas considerações devem se feitas. As espécies apresentam rígida distribuição espacial, principalmente em se tratando de flora, pois os animais de certa forma possuem ocorrência mais abrangente. Por isso, forçar a adaptação em áreas onde não incidam ou ocorram em baixas densidades seria um equívoco arriscado”. Assim sendo, Rodrigues “sugere que a indústria deve chegar até a área de ocorrência da espécie florestal, pois o aglomerado do ecossistema tem a capacidade de disseminar a coleta e o beneficiamento primário, ou pré-beneficiamento, em pequenas indústrias

distribuídas no interior da floresta, num processo contínuo de aquecimento econômico”.

A partir desse procedimento, as regiões e localidades poderão se envolver na produção de bens com certo grau de particularidade. A diversidade biológica existente propiciará as condições efetivas para que não haja limites à oferta de produtos e de serviços do ecossistema. A competitividade ocorrerá de forma a fortalecer a cooperação no interior das comunidades. Assim, continua Rodrigues, (op. cit.) “em face das condições de risco dessas atividades produtivas, uma concentração de esforços precisará ser articulada, a fim de ensejar-se a consolidação de cada *cluster*. Se, por um lado, as instituições de apoio competitivo deverão adequar-se para dar o devido suporte às atividades diferenciadas, os pequenos e médios empresários precisarão de superior espírito empreendedor. (...) A competitividade do *cluster* beneficiará a formação exclusiva de imagens produtivas, em que as exigências de sustentabilidade ecológica da produção serão elevadas. O princípio maior é que quanto mais regiões e localidades forem envolvidas na produção de bens oriundos do ecossistema, maiores serão as chances de transformação produtiva, impulsionada pela demanda dos próprios consumidores”.

A comercialização dos produtos não-madeireiros tem uma importância fundamental na manutenção da floresta-em-pé, pois inúmeras espécies de árvores amazônicas são produtoras de frutos. O estudo da dinâmica natural da floresta amazônica permite verificar o limite de uma extração racional e sustentada, geralmente estabelecido em 30% do potencial renovável. O volume da comercialização dos produtos florestais não-madeireiros da Amazônia (gomas, fibras, frutos, plantas medicinais, amêndoas, resinas, etc) tem oscilado bastante no período recente. A falta de crédito e os desmatamentos indicam uma tendência na redução desta atividade econômica, no entanto ocorrem variações que dependem das safras e dos incentivos governamentais. O mercado consumidor também é um fator importante na dinâmica de comercialização dos produtos. A castanha do Brasil tem a produção voltada para o mercado exterior, mas a borracha, geralmente, é consumida no próprio país de origem.

As populações ribeirinhas são as que reúnem mais requisitos para implantar um modelo de desenvolvimento sustentável, baseado em produtos sofisticados da floresta para mercados seletivos. É o caso da prospecção e aproveitamento da biodiversidade, da certificação da madeira, do ecoturismo, da aquí-

cultura, da extração de óleos e do aproveitamento de essências vegetais.

Desse modo, na Amazônia, a obtenção de renda a partir da extração de produtos nativos não-madeireiros da floresta, e mesmo de madeiras liberadas por um manejo florestal comprometido com a conservação do ambiente natural, promete ser uma forma de valorizar a floresta e obter mais lucros do que simplesmente com a sua destruição. A extração de seringa, de castanhas do Pará, de frutos de palmeiras e de árvores (açaí, andiroba, buriti, bacaba, copaíba, etc), de óleos, de corantes vegetais, de substâncias alcalóides para a farmacologia e química, de substâncias com valor fungicida ou herbicida, madeiras nobres, etc, são algumas das possibilidades cuja renda supera em muito a produção de gado na região (Aragón, 1991).

O potencial do ecossistema natural da Amazônia somente é percebido quando se realiza uma análise macro-abrangente. Não é possível se captar a importância da produção florestal na região por meio da avaliação econômica de séries históricas recentes, que somente reportam os últimos 30 anos. Esse período cobre justamente o pior desempenho dessa produção, excetuando-se o caso do marginalizado setor madeireiro.

A estratégia competitiva do *cluster* do ecossistema deve, portanto, priorizar o resgate da história econômica da região, abrangendo os diversos ciclos produtivos que nela ocorreram. Dessa forma, é possível a identificação das causas dos fracassos e dos sucessos. Análise de tal magnitude fornecerá sinais acerca da superioridade competitiva do ecossistema frente às opções produtivas recentes. Por sinal, essa superioridade é o que fez com que, mesmo em condições de abandono, o ecossistema ainda conservasse grande número de unidades produtivas em funcionamento.

No interior da Amazônia existe concentração espacial de unidades produtivas, que, entretanto, encontram-se dispersas, sem sinergia e sem articulação. A estratégia competitiva deve priorizar a criação dessa articulação. Os estudos realizados sobre os *clusters* existentes em diversas partes do mundo constataram que na falta de uma empresa líder, capaz de orientar o desenvolvimento, o papel dos governos é considerável, e conseqüentemente estratégico no longo prazo.

A estratégia competitiva deve dar ensejo à resposta de duas perguntas cruciais: quais as atividades produtivas que se inserem nos pressupostos do *clus-*

ter do ecossistema?; e quais os processos tecnológicos de exploração e beneficiamento que são compatíveis com os ideais produtivos desse *cluster*? O diferencial de inserção mercadológica, que criará uma maior ou menor vantagem competitiva, está diretamente vinculado a essas respostas, pois a credibilidade em torno da sustentabilidade no *cluster* do ecossistema reside na maior condição para a existência dele.

Nesse contexto, cabe o questionamento feito por Luciana Lopes (2007): como proteger os conhecimentos tradicionais vinculados aos recursos naturais? Ela sugere que essa proteção passe pelo reconhecimento de todos os saberes responsáveis pela identidade e riqueza da biodiversidade, inclusive a cultural, que deve ser valorizada pela produção de bens sociais e ambientais, e não somente pelo valor de mercado. Ela ainda alerta sobre “a agilidade e a força com que o mercado e as crescentes pressões econômicas englobam as populações locais”, e expressa que “não se trata de negar a ciência e a biotecnologia ou de engessar as práticas e o conhecimento tradicional, mas de uma busca por uma concepção mais autêntica do desenvolvimento, considerando: a história, a cultura as riquezas, as necessidades e as potencialidades da sociedade”.

Em suma, trata-se de um universo novo de possibilidades econômicas ainda pouco exploradas e que, por via da teoria da vantagem competitiva e do *cluster*, poderão ser sistematizadas e organizadas na forma de aglomerados econômicos. Tais aglomerados possibilitarão conjugar os esforços dos setores público e privado, para que essas possibilidades venham a se consolidar.

Importância das Energias Renováveis

No período recente, a partir dos anos 60, a implantação prioritária de propriedades rurais em ramais rodoviários nos diversos tipos de projetos de assentamentos, gerou um problema mais de ordem social que econômica. Na falta de energia, elas passaram a praticar uma economia significativamente baseada na troca de produtos agrícolas sem valor agregado por produtos industrializados de custo elevado, e não se instituiu uma economia monetarizada. Igualmente não se estabeleceram condições para remunerar o fornecimento de bens e serviços, razão pela qual a energia nesses locais não pode ser entendida como insumo econômico, mas como insumo social.

A baixa densidade demográfica e a esparcidade do povoamento da área rural da Amazônia são fatores que dificultam e encarecem o acesso à ener-

gia. Os altos custos para implantação e manutenção do atendimento de energia elétrica vêm deixando sem fornecimento regular de eletricidade a maioria dos vilarejos e moradias isoladas, o que, por sua vez, impede o beneficiamento da produção e o acesso ao conforto do mundo moderno. Do mesmo modo, o preço elevado do combustível é um grande obstáculo para o transporte de pessoas e de mercadorias. Essa realidade acarreta na baixa rentabilidade da atividade produtiva, e causa sérias dificuldades econômicas para os moradores do interior.

Quanto maior é o isolamento de uma comunidade pior é a situação econômica por causa do transporte acarretar em despesas maiores, e o custo da implantação de energia elétrica ficar muito mais dispendioso. Para piorar a situação dos mais isolados, os escassos recursos foram direcionados para os ramos, onde a implantação de energia elétrica era mais fácil e principalmente menos onerosa.

O sucesso do empreendimento de geração de energia nas comunidades isoladas da Amazônia depende da escolha adequada da tecnologia de geração, e deve proporcionar a sustentabilidade do sistema por meio de algum processo produtivo identificado com a

comunidade local. Como a grande maioria das comunidades isoladas não tem renda suficiente para garantir a continuidade do funcionamento pleno do sistema energético, é indispensável propiciar tarifas subsidiadas. Daí a necessidade de agregar processos produtivos no próprio empreendimento ou em empresas privadas limítrofes. O ciclo a vapor, com queima direta de biomassa advinda de processos produtivos, é uma das alternativas que apresenta viabilidade técnica e econômica, e deve ser fortemente considerado nessa escolha. Outro aspecto a ser levado em consideração é que não basta implantar a tecnologia adequada, mas sim criar mecanismos de gestão técnica-administrativa assistida pôr um período mínimo de três anos, e até que seja consolidado o empreendimento.

O esquema econômico visualizado na Figura-4.5 representa um vilarejo com a geração de energia elétrica movida a diesel absorvendo a maior parte da renda obtida do trabalho. Essa situação é ocasionada pelo alto custo da eletricidade de origem fóssil, e somente pode ser revertida com a introdução de fontes locais renováveis, que, conforme a Figura-4.6, eliminam a dependência externa e internalizam o fluxo econômico.

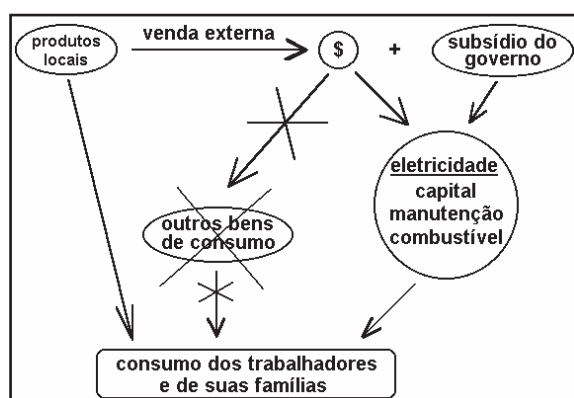


Figura-4.5. Vilarejo com geração à gasolina ou óleo diesel.

Fonte: Di Lascio (2004a).

A substituição do diesel pela biomassa não-madeira disponibiliza a renda local para a compra de bens, como vestuário, calçados, louça, roupa de cama, mesa, e banho, etc. Ao mesmo tempo, os habitantes do vilarejo passam a dispor de eletricidade durante um número maior de horas, ou mesmo nas 24 horas do dia. Com a maior oferta de renda e de energia, o conforto também aumenta, pois favorece a compra de aparelhos de som, televisões, freezers, refrigeradores, etc.

No mesmo sentido, a oferta de eletricidade produzida da biomassa nativa viabilizará o incremento da atividade econômica, pois, além dos próprios

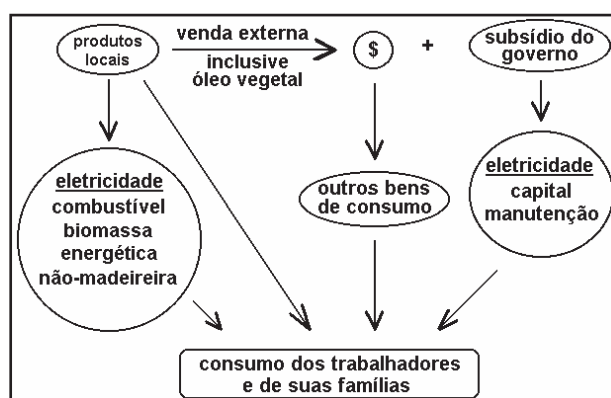


Figura-4.6. Vilarejo com geração à bioenergia local.

Fonte: *ibidem*.

empregos criados, também tornará possível implantar pequenas indústrias de beneficiamento de outros produtos locais. Entre as opções de atividades produtivas a serem promovidas a partir da oferta regular de eletricidade pode, ser citada uma pequena movelaria, que utilizará a madeira oriunda do manejo florestal, hoje já bem equacionado e aceito pelo Ibama.

No caso do beneficiamento de frutos oleaginosos, a venda do óleo de melhor qualidade pode aumentar substancialmente a renda. O restante do óleo vegetal e o bagaço devem ser direcionados para gerar energia elétrica, melhorando ainda mais o balanço contábil positivo da comunidade.

O aspecto econômico mais significativo do beneficiamento de frutos oleaginosos é representado pela agregação de valor do óleo vegetal durante o processo de extração. Como exemplo, cabe citar o preço do óleo de andiroba extraído na REAJ, na comunidade do Roque, que, em 2004, era comercializado entre 13,00 a 15,00 R\$/kg (Di Lascio, 2004a). No entanto, o preço desses óleos especiais depende das indústrias de cosméticos e medicamentos, que os utilizam em função da moda e da aceitação pelos seus clientes. Além disso, o aumento da oferta por causa da entrada em funcionamento de mais unidades de beneficiamento, certamente tornará o comprador mais seletivo, e fará o valor de mercado baixar. Contudo, em uma mini-indústria com capacidade para prensar 200 kg de oleaginosas por hora, e estimando que a quantidade de óleo de melhor qualidade seja de 30% da produção, sua venda por somente 6,00 R\$/kg, será suficiente para remunerar a R\$ 300,00 por mês a mão-de-obra da coleta e do beneficiamento dos frutos oleaginosos. Nesse caso, a complementação da renda do trabalhador até o valor de um salário mínimo deverá ser coberta pela venda da energia elétrica gerada com restante do óleo e do resíduo. Então, a manutenção e a reposição das instalações, ficarão para serem cobertas por algum subsídio, ou pelo aumento da eficiência do sistema produtivo.

Embora sendo um elemento econômico positivo, o uso da biomassa como fonte primária de energia elétrica requer algumas ponderações adicionais. Como se sabe a Amazônia possui o maior potencial de energia de biomassa do Planeta, mas seu uso para geração de eletricidade tem sido pouco considerado por um conjunto de questões ambientais e culturais, entre as quais citamos dois exemplos. Os ambientalistas, que, com razão, consideram o uso energético da biomassa como um risco potencial para o aumento do desmatamento, mas exageram em não aceitar sequer o uso de uma pequena parte dos frutos renováveis. A cultura local, que também despreza este modo de energia por considerá-la como ultrapassada. Aliás, um fato bem comum num País que na ânsia de alcançar o desenvolvimento eliminou o 'velho' bonde por considerá-lo como entrave para a modernidade, enquanto a maioria das cidades do mundo realmente desenvolvido continua a utilizar esse tipo de transporte 'fora de moda', porém muito eficiente e confortável. Assim, para ser implantada, a biomassa tem de superar estas e outras barreiras.

Cabe então expressar que, na Amazônia, a biomassa é uma fonte de energia abundante e adequada sob os aspectos ambiental e econômico, com benefícios diretos para o social. Nesse contexto a geração de energia elétrica com biomassa nativa cria um vínculo entre o homem e a floresta-em-pé, com reflexos positivos para a conservação do ambiente. Do mesmo modo, ao deixar de transferir a escassa renda para a aquisição de combustível fóssil, e produzir a própria energia, ocorre um aumento substancial na disponibilidade local de recursos financeiros para compra de outros bens e serviços.

Assim, qualquer tecnologia renovável de geração de energia pode ser utilizada tanto para atender as necessidades de conforto básico de uma família, como para fins produtivos, incluindo a exploração de produtos da floresta. O custo da geração de energia, do mesmo modo que o custo de implantação do sistema, são dois indicadores fundamentais para a escolha da alternativa mais adequada, tendo sempre em conta a disponibilidade local da fonte primária de energia. Os impactos ambientais da escolha formam outro parâmetro fundamental. Ademais, a escolha de tecnologias para atendimento de comunidades isoladas da Amazônia deve ser norteada pelos atributos de simplicidade, robustez, confiabilidade, e baixo custo de operação e de manutenção.

VIABILIDADE ECONÔMICA DAS FONTES RENOVÁVEIS

A questão da viabilidade econômica das fontes renováveis atendendo minirredes isoladas ou moradias igualmente isoladas na Amazônia é uma questão difícil de ser equacionada porque ainda não há experiência de operação e de manutenção suficiente para todas as tecnologias com potencial de aproveitamento. Por outro lado, o valor do serviço aplicado ao consumidor não poderá ser diferente do valor estabelecido periodicamente pela Aneel para cada área de concessão, tomando por base o reajuste Tarifário Anual, a Revisão Tarifária Periódica e a Revisão Tarifária Extraordinária, que, por exemplo, para o período 2004-2006 resultou na Tabela-4.2. Como o custo da cobertura total na área de concessão incidirá sobre a tarifa da concessionária, esta deverá escolher a tecnologia que ofereça o menor custo de geração. O custo de implantação no âmbito do "Programa Luz para Todos" é quase todo suportado com recursos do setor elétrico e uma menor parcela pelos governos estaduais. A escolha deveria também depender do custo ambiental da tecnologia.

TABELA-4.2. TARIFAS RURAIS EM VIGÊNCIA EM 2004-2006.

Concessionária	Data da Vigência	R\$/MWh	Data da Vigência	R\$/MWh
CELTINS	4/7/2005	R\$ 228,50	4/7/2006	R\$ 218,83
CELPA	7/8/2005	R\$ 195,12	7/8/2006	R\$ 180,49
Manaus Energia	1/11/2005	R\$ 200,94	01/11/2006	R\$ 198,05
Boa Vista	1/11/2005	R\$ 184,41	01/11/2006	R\$ 184,41
Eletroacre	30/11/2005	R\$ 199,00	30/11/2006	R\$ 193,06
CERON	30/11/2005	R\$ 207,75	30/11/2006	R\$ 202,15
CEAM	1/11/2004	R\$ 191,28	1/11/2005	R\$ 188,26
CER	1/11/2004	R\$ 161,58	1/11/2005	R\$ 159,34
CEA	30/11/2004	R\$ 159,58	30/11/2005	R\$ 159,22

Fonte: Resoluções Homologatórias da Aneel para as respectivas empresas.

Ressalta-se o fato econômico significativo de que os sistemas isolados da Amazônia recebem 75% de subsídio para o óleo diesel consumido, o qual é fornecido pelo mecanismo da CCC-Isol. Além disso, no caso do consumidor rural são acrescidos mais alguns ajustes para manter a tarifa com valores reduzidos. Isso somente reforça a tese da importância social da energia rural, principalmente com a inserção de postos de trabalho e renda para melhorar a capacidade dos próprios consumidores pagarem pela energia consumida.

Desse modo, a presente análise de viabilidade econômica, além do aspecto do custo da energia, também incluirá o desempenho global da fonte energética como fator de desenvolvimento regional. Contudo, em alguns casos não existem dados disponíveis sobre os custos de O&M.

Energia Hidráulica

As PCHs, que pela legislação atual são os aproveitamentos entre 1 a 30 MW, podem receber incentivos da sub-rogação da CCC para financiar até 75% dos empreendimentos, mas somente quando substituem geração de térmicas a óleo diesel. No en-

tanto, às micro e mini-hidrelétricas, cujas potências são inferiores a 1.000 kW, não estão incluídas nessa legislação e deixam em desvantagem uma fonte de energia de alta qualidade, justamente aquelas com capacidades mais adequadas para o atendimento das comunidades rurais isoladas da Amazônia.

Mesmo assim, existem várias pequenas unidades hidrelétricas funcionando na Amazônia, mas as informações sobre elas são escassas. Faz-se então necessário efetuar um levantamento *in loco* para avaliar de forma efetiva quais estão sendo os custos de operação e manutenção dessas usinas.

A turbina hidrocinética que está sendo testada no Estado do Amapá através do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, que financia o projeto nº 08 intitulado “Energia Hidrocinética Renovável para a Reserva do Rio Maracá” foi instalada no rio Maracá conforme as Figuras-4.7 e 4.8. O projeto visa prioritariamente o atendimento das necessidades produtivas da comunidade da Reserva Extrativista do Rio Maracá, que é basicamente o beneficiamento da castanha-do-Pará. Segundo os Profs. Brasil Jr. e Els, coordenadores do projeto, após o uso efetivo da energia a renda local dobrará.



Figura-4.7. Montagem da turbina em Caraná, Rio Maracá, Mazagão, AP.
Fonte: Barreto, (2007f); Brasil Jr. & Els (2007).



Figura-4.8. Testes operacionais da turbina hidrocinética no Rio Maracá.
Fonte: ibidem.

O projeto do rio Maracá, envolvendo parceiros locais, tem, entre seus objetivos, a instalação de um secador solar multiuso para a pré-secagem da castanha-do-Pará. Pretende-se permitir a melhoria da qualidade do produto ao reduzir as condições favoráveis à proliferação de fungos, comuns em nozes e amêndoas, e que têm sido um fator importante na redução das exportações para a Europa e EUA. A pré-secagem possibilitará um tempo mais longo de armazenamento em condições apropriadas, pelo menos até o período da entressafra. Dessa forma, o extrativista terá condições de negociar um preço melhor na entressafra, além de remunerar e manter a estrutura de beneficiamento montada pela comunidade (Brasil Junior & Van Els, 2007).

A produção de energia na instalação do rio Maracá é suficiente para atender a infra-estrutura local do entreposto, basicamente constituída de iluminação e eletrodomésticos, e, à noite, toda a potência da turbina poderá ser usada para a iluminação ou outra demanda de interesse comunitário. Isso somente é possível porque o secador solar multiuso não requer energia elétrica. Assim, em razão da multiplicidade de benefícios proporcionados pela energia elétrica, um posto de saúde e uma escola de ensino fundamental são algumas dessas demandas que podem ser reivindicadas pelos assentados.

No entanto, ainda é cedo para avaliar qual a repercussão que terá o valor mensal de R\$ 15,00 por família para manter o sistema energético funcionando. O projeto inclui o fornecimento de 600 watts de energia para uma atividade produtiva ligada à exploração da castanha do Pará, 200 W destinados ao uso comunitário e 200 W para o atendimento de uma moradia. Caso a turbina hidrocínética de 1 kW trabalhe as 24 horas do dia durante o mês inteiro e produza 720 kWh, esta energia na tarifa rural da CEA representaria R\$ 114,64. Portanto, os R\$ 720,00 que estão sendo previstos para serem cobrados superam em mais de seis vezes o valor da tarifa rural. Porém, esse tipo de raciocínio deve ser adotado com reservas, uma vez que o custo de extensão da rede até o local será muito maior do que o projeto hidrocínético ali instalado. Sem mencionar o impacto ambiental, pois se trata de uma Reserva com floresta densa, com as residências distantes mais de 1 km uma da outra.

Os custos de geração do projeto do rio Maracá foram calculados por Barreto (2007f), quando foram assumidos os valores do projeto como os efetivos da operação, que podem ser diferentes quando forem contabilizados pela cooperativa local durante a gestão do sistema. Assim, foi considerado apenas um operador, com salário mínimo mais os encargos. Essa é uma hipótese bastante plausível porque a manutenção do sistema é muito simples e de baixo custo, com encargos de cerca de R\$ 3.000,00 anuais entre material, transporte e reserva técnica. O custo anual de O&M levado em conta foi de R\$ 12.104,18, o que resulta num valor de operação e manutenção por quilowatt-hora muito alto, de R\$ 2,16, significando quase 50% dos desenhos anuais do projeto. O investimento foi de R\$ 39.750,00, entre equipamentos, obra, instalação e frete.

A partir desses dados e pressupostos, o valor da geração no rio Maracá apresentado pelo projeto foi de R\$ 4.455,50 por MWh. Se o investimento fosse sub-rogado pela CCC em 100%, esse valor cairia para R\$ 3.632,50 por MWh. É a energia mais cara entre todos os projetos do programa do CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, e isso se deve à relação valor do investimento e à quantidade de energia que o sistema é capaz de gerar (Barreto, 2007f). Por outro lado, esse é o único projeto cujo equipamento de geração não é produzido em escala, o que torna seu valor ainda muito alto. Como se trata de um equipamento tecnicamente viável, nada impede que seja produzido por diversos fabricantes em várias partes do país, contribuindo para a redução significativa do valor do equipamento. Além disso, o equipamento apresenta a vantagem do baixo valor de investimento por domicílio beneficiado, que no caso foi de R\$ 828,13.

A alternativa de pequenos aproveitamentos hidráulicos da Amazônia com turbinas tipo Francis está sendo avaliada pelo programa do CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, através do projeto nº 06 “Modelo Energético Sustentável Envolvendo Organizações de Bases Comunitária na Cachoeira do Aruã”, no rio Arapiuns, no Estado do Pará, com potência de 50 kW, mostrado nas Figuras-4.9 e 4.10. O sistema prevê que a gestão será feita pela própria comunidade, por meio do modelo, denominado Modelo Prisma, cuja descrição será dada a seguir.



Figura-4.9. Tomada d'água, Cachoeira do Aruã, rio Arapiuns, Pará.
Fonte: Barreto (2007c).

De acordo com o coordenador do projeto, o Modelo Prisma para a eletrificação de comunidades isoladas foi desenvolvido em conformidade com o ambiente legal que regulamenta o setor elétrico e a atuação de organizações de base comunitária de acordo a Lei nº 9.790 de 1999 das Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público (Oscips). Nesse modelo a comunidade assume as atividades de geração de energia elétrica como uma atividade econômica regulada pelo setor elétrico, com a associação comunitária adotando a forma legal do Produtor Independente de Energia. A energia gerada é vendida à concessionária, que faz a distribuição na comunidade. Integra o projeto o uso produtivo da energia por meio da instalação de uma movelaria na comunidade, cuja atividade vem agregar mais renda, pois não é uma atividade realizada tradicionalmente pela comunidade.

Desse modo, o acesso aos serviços de eletricidade passa a ser um vetor efetivo de desenvolvimento sustentável para comunidades isoladas, gerando energia a partir de recursos naturais renováveis, e fomentando o aumento de renda e da produtividade local, pelo adensamento energético das outras cadeias produtivas locais. Entretanto, Barreto (2007c) afirma que são várias as dificuldades notadas para que essa proposição seja efetivada por causa de barreiras formadas pela diferença entre os sistemas jurídicos e econômicos.

A primeira barreira é representada pela concessionária de distribuição, a qual por ser um ente privado, dificilmente faria um Power Purchase Agreement (PPA), que significa um contrato de venda de energia com uma associação, mesmo que autorizada pela Aneel. A questão é simples: a natureza jurídico-institucional de uma associação comunitária, assim como seus objetivos, são muito diferentes de uma



Figura-4.10. Casa de Máquinas, Cachoeira do Aruã, rio Arapiuns, Pará.
Fonte: ibidem.

empresa privada. Aquela está sujeita às pressões de toda ordem, não tendo na sua estrutura funcional os meios eficazes para evitar problemas gerenciais e organizacionais. Além disso, não tem recursos para constituir um corpo profissional – dirigente e técnico – que possa trazer segurança numa possível relação comercial com uma distribuidora de energia elétrica, a qual está vinculada a um contrato administrativo com regras bastante inflexíveis, conforme será demonstrado no próximo capítulo. Pode-se, então, questionar sobre o papel da associação num contrato de PPA com a concessionária? Juridicamente quem responderia pessoalmente por falhas nas obrigações contratuais? Que tipo de sanções estaria sujeita à associação? Essas seriam eficazes?

A segunda dificuldade está relacionada à possibilidade do órgão regulador autorizar a uma associação comunitária a atuar como produtor independente de energia. A Lei nº 9.074, de 07 de julho de 1995, no seu art. 11 e parágrafo único, determina que o produtor independente de energia elétrica seja pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio, que recebam concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou de parte da energia produzida, por sua conta e risco, e ainda que esteja sujeito às regras operacionais e comerciais do disposto nesta Lei, na legislação em vigor e no contrato de concessão ou ato de autorização.

Sendo uma associação, ente sem fins lucrativos, a pessoa jurídica, em tese, seria passível de ser enquadrada no dispositivo legal acima mencionado. Entretanto, não é prudente, nem razoável, admitir tal estatuto jurídico entre aqueles capazes de atender as regras impostas pela legislação setorial, pelo contrato de concessão e pela autorização. O negócio da energia elétrica é complexo, tanto no

que se refere ao seu funcionamento técnico, como no seu funcionamento econômico. E isso demanda corpo técnico qualificado.

Barreto (2007c), então, pondera que o Modelo Prisma é possível, mas muito pouco provável, e melhor seria outro arranjo. Uma alternativa poderia ter a associação local assumindo um papel de terceirizada da concessionária para realizar serviços básicos no sistema de geração e distribuição, e para cuidar da arrecadação dos pagamentos. Isso é possível porque para a terceirização é preciso que a contratação seja de atividade inerente, acessória ou complementar ao serviço concedido. Essa relação com a concessionária dar-se-á exclusivamente no campo do direito privado, sem obrigações do terceirizado para com o órgão regulador ou poder concedente.

Cabe acrescentar que como Oscip, a entidade enfoca o viés social e comunitário de organizações tradicionais do terceiro setor, porém dotada da flexibilidade de uma empresa privada. A Oscip pode receber recursos do poder público para aplicação em atividades de interesse público e, em contrapartida, suas operações sofrem o escrutínio do Tribunal de Contas da União, do Estado ou do Município, dependendo da origem dos recursos.

O sistema de geração do projeto entrou em operação em novembro de 2006 e a minirrede de distribuição em março de 2007. Os custos de geração calculados por Barreto (2007c) estão apresentados a seguir. Para esse projeto, com uma turbina 50 kW, foram considerados os seguintes parâmetros: fator de capacidade de 95%; e fator de carga de 40% no primeiro ano, com taxa de crescimento de 10% ao ano até que seja atingida a capacidade total de geração da usina, estimada para o 11º ano. Então, é razoável supor, pela experiência observada em campo, que a carga aumentará ao longo do tempo, tanto pelo crescimento populacional advindo da emigração de famílias em busca de conforto e oportunidades e da taxa de crescimento vegetativa, como pelo uso produtivo da mesma, propiciados pelo serviço de energia. Numa simulação conservadora, considera-se que ao final dos 15 anos, tempo de vida útil do equipamento, o sistema energético estará operando com sua capacidade máxima de geração.

O mercado atendido pelo sistema elétrico de Aruã inicialmente é constituído por 50 domicílios, incluindo a demanda residencial, a coletiva e a produtiva. O investimento alcançou o total de R\$ 332.238,68, sendo 79% referente ao sistema de geração e 21% à rede de distribuição.

Para os custos de operação foi admitido que não são aqueles estimados pela coordenação do projeto, os quais são insustentáveis considerando a vida útil do projeto. Para um agente privado, do tipo Produtor Independente de Energia (PIE), que representa a hipótese considerada, os números deverão ser mais realistas, de modo a atender a legislação trabalhista em vigor. Contudo, as normas de segurança do trabalho para sistemas elétricos – NR-10 – não serão aqui consideradas pela sua total inviabilidade para um projeto de apenas 50 kW. Dessa maneira, apenas dois operadores foram admitidos: um eletrotécnico, que supervisionaria mais de um projeto, e um técnico local. O custo trabalhista da operação seria de R\$ 28.270,00 ao ano. Assim, o custo médio anual de operação e manutenção, incluindo despesas com transporte, material e peças e uma reserva técnica, representa 0,10 R\$/kWh. Se a NR-10 fosse considerada, esse custo subiria para 0,75 R\$/kWh!

A partir desses pressupostos, o custo da energia gerada, sem nenhum tipo de subvenção, seria de R\$ 404,43 MWh. O custo da energia com sub-rogação da CCC cairia para R\$ 248,47 MWh. Para efeito de comparação, a tarifa da Celpa Residencial (B1) é de R\$ 308,11 por MWh, e a Residencial Baixa Renda com consumo mensal até 30 kWh é de R\$ 107,40 por MWh.

Por fim, Barreto (2007c) avalia que o projeto Micro Central Hidrelétrica de Cachoeira de Aruã no Pará, configura-se como um projeto sustentável no aspecto técnico porque a energia gerada pelo sistema energético é barata e de fácil manutenção. Assim, se mantém a posição já exposta anteriormente de que, mesmo se a movelaria, um negócio diferente daqueles desenvolvidos pela comunidade, não der certo, sua chance de gerar impactos negativos sobre a sustentabilidade do projeto é mínima. Contudo, é importante advertir, de que mesmo sendo um sistema com aqueles atributos fundamentais para comunidades isoladas da Amazônia – simplicidade, robustez, confiabilidade, baixo custo de operação e manutenção – não se pode afirmar que a sustentabilidade estará garantida. Afinal, a associação comunitária não é uma empresa especializada e obrigada por contrato a realizar um serviço fundamental e cujo estímulo é a busca e apropriação privada do lucro.

Deve-se dizer que o Modelo Prisma não foi posto em prática. Desde o início da operação até os dias atuais, o projeto tem sido gerenciado como um sistema integrado de geração e distribuição, conduzido pela comunidade e sem a participação da concessionária. O va-

lor do serviço cobrado mensalmente aos comunitários, 0,20 R\$/kWh, cobre os custos de operação e manutenção, mas não possibilita a compra de uma nova unidade de geração quando sua vida útil chegar ao final.

Energia Eólica

A geração eólica de energia elétrica tem sua aplicação restrita aos poucos sítios favoráveis na Amazônia, geralmente situados no litoral. O uso de cataventos para bombear água apresenta maiores possibilidades, sendo uma opção bastante econômica e indicada para ser explorada por suas características mais vantajosas que o bombeamento solar fotovoltaico.

Os custos de operação e manutenção da energia eólica variam de 0,006 a 0,010 dólares por quilowatt hora de energia gerada durante os dez primeiros anos, e de US\$ 0,015 a US\$ 0,02 por kWh, após dez anos de operação (Madsen, 2000). No Brasil, segundo o Manual do Empreendedor de Energia Elétrica, da Aneel, o custo de geração eólica, incluindo a amortização do capital inicial e a reposição do equipamento, indica valores entre US\$ 55,00 e US\$ 70,00 por MWh (Aneel, 2001).

Como todos os projetos de aproveitamentos eólicos desenvolvidos no âmbito do programa do CT-Energ/MME/CNPq-03/2003 são de caráter híbrido, aqui se repete a sistemática do capítulo anterior e se transfere esta avaliação para item respectivo.

Energia Solar Fotovoltaica

A tecnologia solar fotovoltaica resolve em parte o problema da falta de energia elétrica nas regiões isoladas, mas a escassa densidade da fonte primária, sua grande variabilidade e o custo elevado dos equipamentos impedem um uso mais intenso para atividades produtivas, até mesmo para mover pequenas indústrias. Entretanto, essa fonte fotovoltaica de pequena capacidade introduz a iluminação elétrica, a qual contribui positivamente porque melhora as condições da educação, possibilita o pequeno bombeamento de água, permite a estocagem de vacinas e medicamentos, e outros usos muito úteis no dia-a-dia do habitante de comunidades isoladas. Recentemente, as telecomunicações foram beneficiadas com a evolução da tecnologia, que aumentou a eficiência e reduziu o consumo de energia, tornando o acesso dela praticamente universal, inclusive oferecendo internet nos sítios mais remotos. Desse modo, o uso de painéis fotovoltaicos viabiliza algum conforto e melhora em parte a qualidade de vida dos habitan-

tes, mas pouco ou nada contribui para incrementar o perfil da produção e da renda local.

Procurando encontrar parâmetros para o planejamento energético de sistemas isolados, o “Projeto Equinócio” da UnB, através do “Projeto de Referência em Energia Fotovoltaica”, analisou a capacidade econômica da energia fotovoltaica de melhorar as condições de vida dos habitantes da Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto, em Rondônia. Ali foram efetuados levantamentos sociais e econômicos da população local, juntamente com a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto, incluindo o uso de imagens de satélites ambientais, assim como observações meteorológicas contínuas e automáticas. O dimensionamento dos equipamentos instalados para uso dos moradores procurou minimizar os custos de manutenção e reposição, para facilitar a continuidade do atendimento pelos próprios usuários após o término do processo de implantação. Tomou-se o cuidado de evitar que acontecessem impactos negativos resultantes dos benefícios recebidos, inclusive minimizando a influência dos técnicos e pesquisadores na vida dos habitantes. Como a renda média mensal dos usuários era inferior a meio salário-mínimo, todas as instalações foram fornecidas a fundo perdido, e nenhum valor mensal foi cobrado deles.

Os levantamentos tiveram início em 1995 e as primeiras instalações fotovoltaicas foram implantadas em 1996. Criou-se, então, uma grande expectativa por parte dos moradores, que passaram a esperar uma melhoria substancial na qualidade de vida. A partir de 2000, com o financiamento da Aneel, essa vida melhor passou a acontecer para todas as 19 famílias que foram beneficiadas com as novas instalações (Di Lascio & Melo, 2002). A Figura-4.11 retrata o número de famílias por comunidade que foram beneficiadas com energia fotovoltaica em 2000, e apresenta a distribuição das todas as famílias da Reserva em cada uma das 7 comunidades nos anos de 2000 e 2004. O quadro mostra, em 2000, uma proporção menor de famílias na região mais distante do Alto Ouro Preto, com Sepitiba, Petrópolis e Ouro Negro, somando 25 famílias naquele ano, contra 45 no Baixo Ouro Preto. Em 2004, essa diferença aumentou de modo acentuado ficando respectivamente em 18 contra 70. Verifica-se então que justamente nos locais mais beneficiados foi onde ocorreu a saída dos moradores. Cabe destacar que em Sepitiba, das 3 famílias que deixaram a comunidade, 2 haviam sido atendidas com energia fotovoltaica. Em Petrópolis, essa relação foi ainda mais acentuada, pois 9 famílias foram embora, incluindo todas as 8 que haviam sido beneficiadas com FV, e chegaram 2 novos moradores (Melo, 2005).

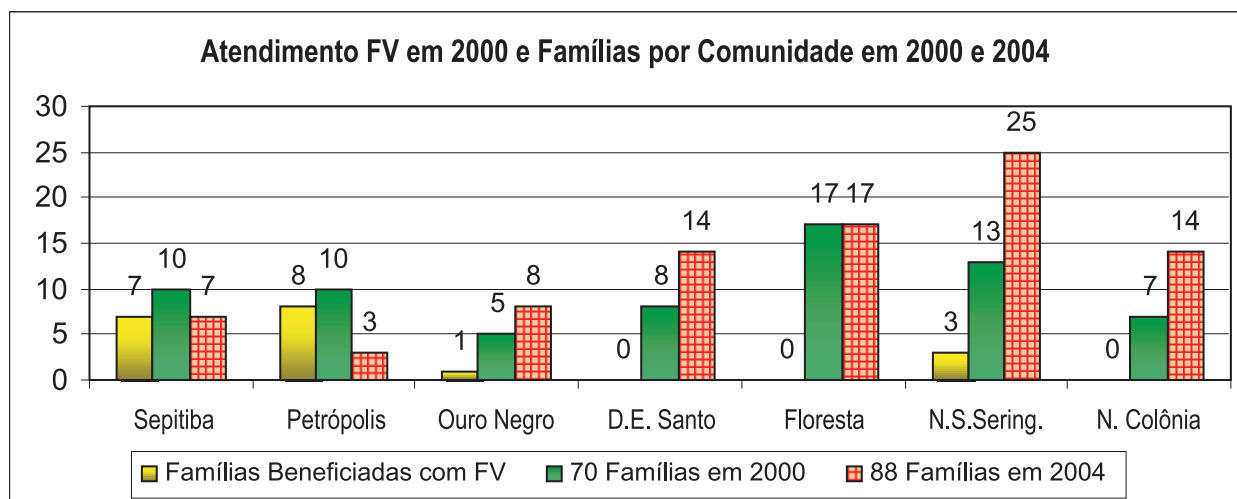


Figura-4.11. Distribuição das famílias por comunidade da Rerop em 2000 e 2004.

Fonte: Melo (2005).

O êxodo rural constatado pelo estudo efetuado na Rerop pelo “Projeto Equinócio” reflete a pouca melhoria na renda das famílias em consequência da energia fotovoltaica, que ficou limitada a uma economia mensal de R\$ 10,00 por moradia em razão do corte das despesas com óleo diesel ou querosene das lamparinas, e ao menor consumo de pilhas para rádios e lanternas. Esse resultado decepcionante repercutiu com mais ênfase no Alto Ouro Preto. Naquela área os longos, sinuosos e difíceis rios da região dificultam e oneram em excesso o transporte de pessoas e o escoamento da produção até Guajará

Mirim. Em consequência, o pequeno aumento da renda não foi suficiente para modificar a situação de miséria reinante naquele local (Melo, 2005).

A evolução da renda das 19 famílias que originalmente receberam energia fotovoltaica é mostrada na Figura-4.12. Aquelas com menor retorno médio em 2000 eram as que praticavam a exclusivamente agricultura, e, portanto, tinham sobrevivência mais difícil no Alto Ouro Preto. Para melhorar de vida, nos anos seguintes, elas mudaram para outros sítios mais próximos do mercado consumidor, com menores despesas de transporte e condições econômicas mais favoráveis.

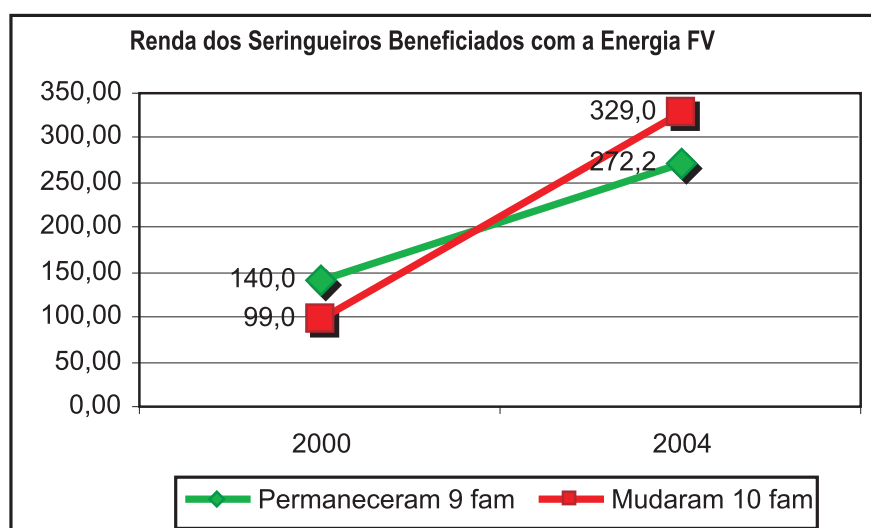


Figura-4.12. Evolução da renda média dos beneficiados com FV na Rerop.

Fonte: Melo (2005).

Por outro lado, o mesmo gráfico apresentado na Figura-4.12, evidencia em 2000 o maior poder aquisitivo dos que ficaram. Estes tinham alguma atividade extrativista extraíndo seringa ou óleo de copaíba, cujo valor agregado é maior. O levantamento de 2004

constatou que a renda dos que haviam permanecido, e mantido a atividade do extrativismo, tinha aumentado, porém apresentava um desempenho inferior a aqueles que haviam migrado para se dedicar ao cultivo da terra no Baixo Ouro Preto (Melo, 2005).

Os resultados sociais e econômicos do benefício da energia fotovoltaica foram distintos no caso do projeto nº 09 “Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares” do IEE/USP, em São Francisco do Aiucá, no Estado do Amazonas, implantado no âmbito do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003. O projeto recebeu o apoio do Fumin/BID e obedece às características requeridas pela legislação, conforme relatado no capítulo anterior. A comunidade está localizada na Reserva Mamirauá, a cerca de 120 km da rede de distribuição mais próxima. Os 19 sistemas implantados, de 200 Wp cada um, atendem a Resolução Normativa nº 083/2004, conforme a classe Sigfi-13, que disponibiliza mensalmente 13 kWh. Estão previstos procedimentos de operação e manutenção com registros de parada programada, emergencial e para troca de componentes segundo o relatório de Barreto & Parente (2006).

O citado relatório acrescenta que a unidade gestora é a Associação dos Moradores da Comunidade de São Francisco do Aiucá e fornece outras informações. A energia é exclusivamente para uso residencial e está disponível às 24 horas do dia. Os sistemas são operados e mantidos pelos próprios usuários. O treinamento está sob a responsabilidade do Projeto. O impacto ambiental produzido pelas baterias do projeto está minimizado pela previsão de descarte segundo a legislação, e é em parte compensado pela menor eliminação de pilhas das lanternas e substituição da queima de combustível nas lamparinas. Existe uma excelente parceria do Projeto com Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSMM). A comunidade ainda possui equipamentos coletivos em uma escola primária e uma igreja. A renda média mensal das famílias é de cerca de R\$ 300,00, ou quase um salário mínimo da época do acompanhamento efetuado pelo MME. O tempo de interrupção anual do fornecimento de energia ainda não possui uma definição. A energia está sendo cobrada com uma taxa de R\$ 15,00 por mês por domicílio, acrescido de um adicional R\$ 150,00 de custo individual de adesão. Nesses valores estão previstos os gastos com a manutenção dos sistemas e a troca programada das respectivas baterias (Barreto & Parente, 2006).

Ao se comparar os projetos da Rerop e de Aiucá, verifica-se que ambos não agregaram valor a produção, e não melhoraram a renda dos beneficiados. Na Rerop, foram beneficiadas 19 famílias, mas a organização dos moradores sendo inexistente, e a renda inferior a meio salário mínimo, deixaram pouca margem para cobrar alguma taxa, mesmo porque não foi possível encontrar um responsável capaz de

cumprir a tarefa de modo efetivo. Nesse caso, para moradores de pouca renda a eletricidade somente aumentou a frustração e favoreceu o abandono do local. No caso de Aiucá, as características são diferentes, pois possui uma associação atuante e apresenta condições de navegabilidade menos árduas. De fato, o transporte entre o Aiucá e o centro consumidor de Tefé é efetuado no largo rio Solimões, o qual possui uma elevada densidade de comunidades, que inclusive viabiliza a existência de transporte regular de pessoas e de mercadorias. Essas realidades tornam possível uma renda mais elevada no Aiucá, e capaz de arcar com a taxa de manutenção e reposição das baterias. Em consequência, no Aiucá, os 19 beneficiados demonstram satisfação com o serviço, e existem mais famílias desejosas de receber o mesmo tipo de equipamento fotovoltaico.

Por outro lado, a validade do modelo de gestão proposto pelo projeto de Aiucá merece algumas ponderações adicionais. Cabe lembrar que um consumidor rural da Companhia Energética do Amazonas tem, na atualidade, uma tarifa de R\$ 188,26 por Mega watt-hora. Nesse caso, se recebesse 13 kWh por mês da rede de distribuição ele teria um encargo mensal de R\$ 2,45 para pagar pela energia. Portanto, ao analisar o usuário fotovoltaico de Aiucá, cujo recebimento da mesma quantidade de energia obriga ao pagamento de uma quantia seis vezes maior, conclui-se que sua situação é de nítida desvantagem. Entretanto, essa desvantagem passaria a não existir se o sistema fosse transferido para alguma concessionária (Barreto, 2007d).

Projetos com Óleo Vegetal

De modo geral, pode-se afirmar que na floresta amazônica a extração de óleo vegetal tem potencial tanto para fins econômicos como energéticos. A parte do óleo vegetal de boa qualidade e de valor elevado deve ser comercializada. O restante, de qualidade inferior e de pouco significado econômico, precisa ser direcionado para o aproveitamento como combustível de modo a aumentar a sustentabilidade do esquema. Os resíduos do processo da extração podem ser utilizados para queimar em caldeira, e produzir vapor para mover algum grupo turbo-gerador, ou então gaseificados para alimentar um motor de combustão interna.

O uso do óleo vegetal *in natura* em motores a explosão foi destacado neste trabalho porque se trata de uma opção tecnológica consolidada em outros países, e que tem demonstrado um potencial

elevado para resolver a questão do abastecimento de combustível nos locais remotos da Amazônia. Entretanto, no Brasil, somente tem sido dada uma importância secundária a essa questão, com poucas pesquisas dedicadas ao assunto. Embora não existam dados suficientes para se calcular o valor da geração de um projeto com uso de óleo vegetal *in natura* em motor de combustão interna, as informações sobre os custos de extração do óleo vegetal em pequena escala na Amazônia já estão disponíveis.

Apesar do potencial dos óleos vegetais como combustível, deve-se aqui lembrar os problemas que ocorrem quando utilizados *in natura* em motores de injeção direta: *i*) dificuldade de partida a frio por causa da viscosidade dos óleos vegetais, que são até dez vezes maiores que a viscosidade do óleo diesel na temperatura de referência; *ii*) ponto de fusão elevado; *iii*) formação de gomas nos bicos injetores; *iv*) decomposição de componentes da bomba injetora, devido à acidez do óleo; *v*) formação de depósitos de carvão, na câmara de combustão, cilindros e válvulas. Por essas razões se enfatiza a necessidade da disponibilização de motores do tipo diesel capazes de funcionar sem problemas com óleo vegetal *in natura*.

O “Projeto de Óleos Vegetais” implantado na Comunidade do Roque, no Médio Rio Juruá, Amazonas desde 1998 anos pela UFAM e financiado pelo Programa Trópico Úmido é constituído de uma usina de extração e de filtragem de óleo vegetal, e de vários equipamentos de secagem de sementes de oleaginosas, incluindo caldeiras e estufas. O projeto produz óleo de andiroba, de murumuru e de outras espécies, que são vendidos para uma refinadora, denominada Cognis. Esta, por sua vez, após processá-los entrega-os à Natura Cosméticos. Tanto o projeto energético como o produtivo são gerenciados pela Cooperativa de Eletrificação Rural e Agroextrativista da Reserva Extrativista do Médio Juruá (Codaemj). No momento atual, a maioria dos óleos ali produzidos tem alto valor de mercado, entre R\$ 12,00 e R\$ 15,00 o litro, não sendo econômico seu uso para fins energéticos. Contudo, deve ser levado em conta que o aumento da quantidade disponível no mercado com a entrada de outras unidades semelhantes, fatalmente, acarretará na maior seletividade da parte dos compradores, cujo resultado será o crescimento aumento inevitável da quantidade de óleo vegetal de baixo valor comercial.

Desde o início do “Projeto de Óleos Vegetais”, em 1998, o “Projeto Equinócio” da UnB colocou um grupo-gerador multicombustível de 115

kW para aproveitar os óleos de menor valor comercial do Roque. Como o óleo diesel era vendido no local entre três e quatro reais por litro, sempre que o preço de venda do óleo vegetal fosse inferior à sua comercialização, passaria a ser vantajoso utilizá-lo com fonte de energia elétrica. No início, a extração foi dirigida para o óleo de andiroba de alta aceitação no mercado. Mesmo assim, algumas vezes o grupo multicombustível foi acionado. Passaram então a ocorrer problemas de manutenção, principalmente com o desgaste dos bicos injetores, ao mesmo tempo em que resultava escassa a disponibilidade de óleo vegetal de valor inferior. Em razão dessa situação o grupo multicombustível também operou várias vezes com óleo diesel.

Dado o pouco óleo vegetal sem valor econômico, e os problemas com o grupo multicombustível, o atendimento energético da comunidade do Roque vem sendo realizado por um grupo-gerador diesel de 40 kW em detrimento ao grupo-gerador multicombustível de 115 kW cedido pelo “Projeto Equinócio” da UnB. Isso somente está sendo possível porque a demanda é pequena, com cerca de 30 kW da usina de óleo vegetal, fábrica de gelo e de polpa de açaí, somados ao consumo coletivo de 4 kW referentes a escola, igreja e iluminação pública, mais a carga residencial de 5 kW (60 famílias) e ainda os consumos parasitas. Note-se que por um lado a manutenção do equipamento de geração multicombustível é bem mais complexa do que a do grupo diesel, e, por outro, a demanda residencial mais forte ocorre à noite quando parte da atividade produtiva está parada.

O projeto nº 10 do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, intitulado de “Programa para Geração de Energia a Partir de Óleos Vegetais da Amazônia Através da Adaptação de Motores Diesel Existentes”, visa o uso de óleos vegetais *in natura* em motores diesel e foi proposto pelo IEE/USP. Entretanto, ainda não apresenta resultados, portanto, não existem dados para permitir a análise da viabilidade econômica da proposta.

Esquema “Energia Nativa” para Aproveitamento dos Frutos Oleaginosos

Conforme anteriormente explicitado, nas regiões planas da Amazônia os sítios hidráulicos são raros e não há ocorrência de ventos significativos. Nesses locais a radiação solar alcança valores médios constantes e significativos ao longo do ano, mas o alto custo de implantação da tecnologia fotovoltaica praticamente a inviabiliza para fornecer capacidades

maiores, e impede que seja utilizada para mover alguma indústria de beneficiamento. Em consequência, a bioenergia surge como uma fonte primária renovável mais adequada para alimentar a geração distribuída de energia elétrica.

Por causa da abundância de espécies oleaginosas nos rios e nos alagados da Amazônia, e com o objetivo de aumentar as opções de renda e de oferta de energia para as comunidades isoladas, o “Projeto Equinócio” da UnB, concebeu uma proposta de projeto de “Uso Energético Integrado da Biomassa Nativa Não-Madeireira da Amazônia – Energia-Nativa”. Tal proposta tomou por base o conhecimento adquirido nos diversos levantamentos efetuados e incluiu as informações fornecidas pelo “Projeto de Óleos Vegetais”, implantado na REMJ.

Entre os trabalhos que serviram para orientar o entendimento dos parâmetros adequados ao planejamento do desenvolvimento sustentável da Amazônia, foi incluído o acompanhamento do “Projeto de Geração de Energia Elétrica com Biomassa Renovável” realizado pela “Cooperativa Elétrica de Riberalta”, que reduziu em 15% o custo da energia da cidade de Riberalta situada na Bolívia a 90 km do Brasil (Di Lascio, 1996b). Esse projeto aproveitou os resíduos do beneficiamento de anual de 22.000 toneladas de castanha-do-Pará para produzir vapor em

uma caldeira e alimentar uma turbina de 1 MW em funcionamento contínuo na base da curva de carga da cidade de Riberalta.

Foram, ainda, considerados os levantamentos e os diagnósticos ambientais e energéticos de outras áreas da Amazônia promovidos pelo “Projeto Equinócio”, incluindo o Estado do Amapá (Gregold & Souza, 1996; Marques et alii, 1999), o entorno da cidade de Ariquemes em Rondônia (Paz & Torres, 1993), alguns “Projetos de Assentamentos” em Rondônia (Vasconcellos & Di Lascio, 1995), e o entorno da cidade de Manaus (Paim, 1996), entre outros.

Para o aproveitamento sustentável dos frutos oleaginosos foi elaborado pelo “Projeto Equinócio” da UnB, um esquema de processamento que é apresentado na Figura-4.13. Tal esquema compõe a proposta “Energia Nativa”, que usa apenas 30% da produção natural da floresta. Dessa parte, 30% do óleo vegetal de melhor qualidade é diretamente destinado à comercialização por causa da sua grande capacidade de produzir renda (Dias *et alii*, 2006). O restante do óleo, formado pelos 70% de menor valor, e os resíduos da prensagem devem ser orientados para uso energético, compreendendo o atendimento do próprio processo beneficiamento, mais alguma outra mini-indústria, usos comunitários e moradias da comunidade local e regiões próximas.

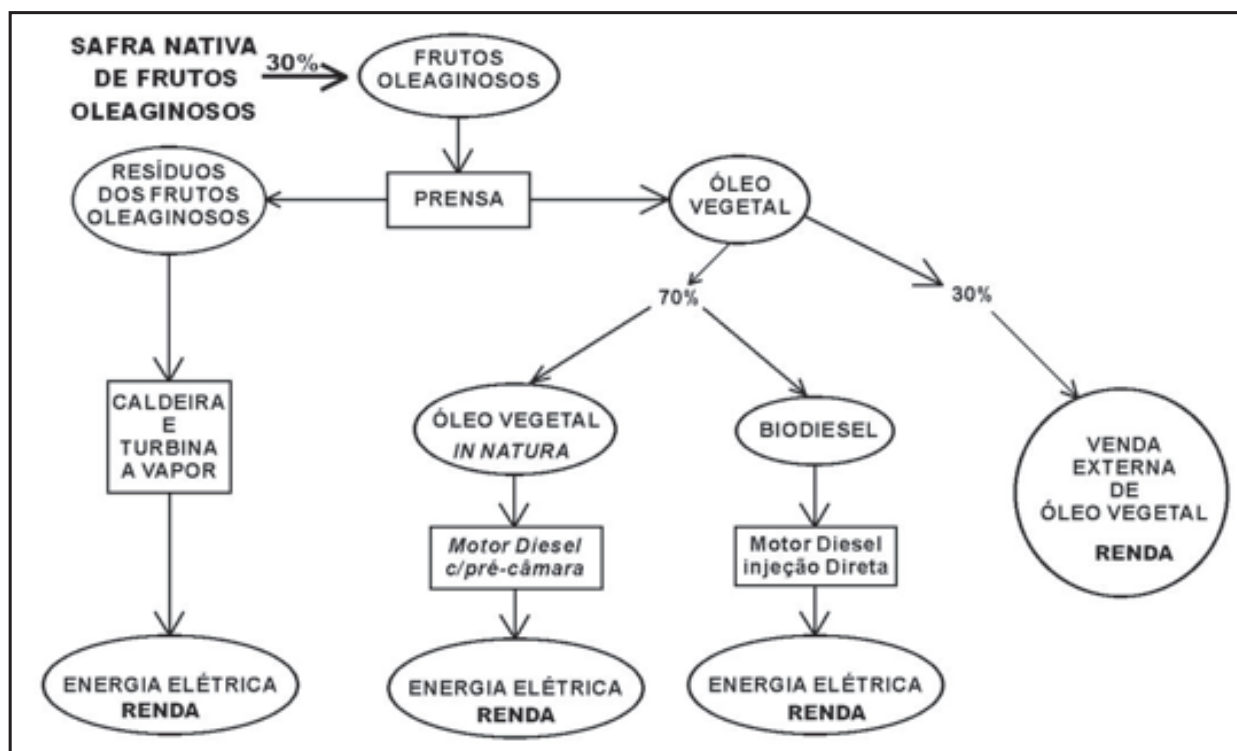


Figura-4.13. Aproveitamento dos frutos oleaginosos na proposta “Energia Nativa”.

Fonte: Dias *et alii* (2006).

A sistemática estabelecida pela proposta “Energia Nativa” recomenda que a eletricidade gerada com os resíduos e destinada a mini-indústria não seja cobrada, pois ela integra o próprio processo produtivo, e complicaria desnecessariamente o esquema financeiro. O excedente da energia elétrica gerada pode ser direcionado para gerar renda adicional atendendo alguma outra atividade produtiva e o vilarejo onde está implantado o processo industrial. Portanto, a geração de energia elétrica com os resíduos é altamente desejável, tanto do ponto de vista energético como econômico. Nesse sentido, as turbinas com potência de 200 kW, fabricadas no Brasil, são capazes de atender a demanda acima especificada. O óleo vegetal de qualidade inferior deve ser destinado para a geração distribuída de comunidades vizinhas de modo a facilitar o abastecimento de combustível, propiciando a desejada independência energética.

Em função da disponibilidade de matéria-prima e do tamanho das comunidades, definiu-se em 200 kg/h a capacidade de prensagem adequada para uma mini-indústria, cujos custos são apresentados na Tabela-4.3. O dimensionamento da prensa acarreta em um consumo de 44 toneladas de frutos por mês, os quais fornecerão 4.890 kg de óleo vegetal no mesmo período. A receita composta pela venda dos 30% do óleo vegetal de melhor qualidade, somada à venda da energia elétrica gerada com a parte disponível do resíduo e os 70% restantes do óleo, alcança R\$ 11.847,00 por mês. As despesas da produção importam em R\$ 11.080,00 por mês, restando apenas R\$ 767,00 para cobrir os custos de reposição e manutenção. Como alternativa para aumentar a eficiência econômica da mini-indústria, sugere-se a venda do óleo de qualidade inferior como energético, ao preço de R\$ 2,00 por quilograma, o que aumentará a receita total para R\$ 16.133,00, resultando numa diferença positiva sobre as despesas de R\$ 4.286,00.

TABELA-4.3. DETALHAMENTO ECONÔMICO DA MINI-INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL.

Receita mensal sobre 44.000 kg de frutos processados por mês.			R\$
4.890 kg óleo vegetal	1.467 kg (30% boa qualidade)	vendido como óleo	8.802,00
	3.243 kg (70% qual. inferior)	vendido como energia elétrica*	2.200,00
39.110 kg de resíduo		4.400 kWh consumo próprio	-
		4.695 kWh vendido como ee*	845,00
Total da receita			11.847,00
Despesa para produzir 4.890 kg de óleo vegetal a partir de 44.000 kg de murú-murú			
Compra dos frutos	R\$ 0,17 por kg (R\$ 374,00/mês para 100 kg de coleta por dia)		7.480,00
6 operadores	R\$ 600,00 por mês para cada um		3.600,00
Total da despesa			11.080,00
Alternativa considerando a venda do óleo vegetal de qualidade inferior <i>in natura</i> para gerar ee			
3.243 kg de óleo vegetal de qualidade inferior (70%) vendidos por R\$ 2,00 por kg**			6.486,00
Receita total vendendo o óleo vegetal de qualidade inferior <i>in natura</i> como combustível			16.133,00

* vendido pela própria cooperativa a 150,00 R\$/MWh.

** podendo receber subsídio por estar substituindo energia fóssil.

Fonte: Dias et alii (2006).

O investimento para a implantação de cada mini-indústria de extração de óleo foi estimado em R\$ 1.140.000,00, e para as instalações de co-geração com os resíduos um custo de R\$ 500.000,00. Assim, cada mini-indústria, incluindo a respectiva co-geração, totalizou R\$ 1.640.000,00. Para completar o esquema energético baseado na bioenergia, será necessário reunir conjuntos de 7 unidades de extração de óleo vegetal e acrescentar uma unidade de transesterificação ao custo previsto de R\$ 960.000,00, para ser implantada em alguma sede de município por causa das suas características operacionais mais rigorosas.

A geração de energia na própria comunidade aumentará a competitividade dos produtos locais

nas regiões próximas, acarretando no escoamento da totalidade da produção. Desse modo, cada esquema beneficiará a população residente na própria comunidade e em regiões limítrofes, gerando 18 empregos diretos na mini-indústria e 54 empregos indiretos na atividade de coleta, melhorando a qualidade de vida, aumentando a renda, eliminando o passivo ambiental e alavancando o crescimento econômico da região.

Um sítio adequado para a aplicação do projeto “Energia Nativa” pode ser a Regional do Juruá, no Acre, na qual as calhas de seus rios apresentam espécies oleaginosas em abundância. Ali, o “Projeto Equinócio” orientou a montagem de uma proposta de eletrifi-

cação baseada no grande potencial de biomassa nativa. Entretanto, naquela área, tal como na maior parte da Amazônia, a exploração dos frutos oleaginosos de espécies nativas ainda é incipiente, não sendo possível alcançar de imediato a dinâmica do desenvolvimento sustentável sugerido. Por essa razão, é necessário implantar primeiro um esquema de coleta, extração de óleo vegetal e comercialização dele, para o qual se prevê um prazo de 6 a 8 anos. Também, a eletrificação terá de ser considerada ainda movida por combustível fóssil durante uma primeira etapa na implantação de um processo de desenvolvimento sustentável, e somente após um mínimo de 2 anos, quando a produção estiver razoavelmente consolidada, é que haverá condições para efetivamente iniciar a substituição do óleo diesel pelo óleo vegetal.

Quanto à parte relativa à implantação das mini-indústrias ligadas ao uso da biomassa renovável como fonte primária de energia, serão necessários financiamentos específicos, os quais, por causado do montante elevado de recursos, deverão ser gerenciados pelo Governo do Acre junto ao Governo Federal. Para isso, ele terá de atuar em parceria não apenas com a Administração Federal, mas envolver Organismos Internacionais, a fim de implantar toda a estrutura de extração do óleo vegetal, assim como as demais estruturas de consolidação do esquema. Também será essencial treinar e acompanhar a nova sistemática, até que seja possível transferir o empreendimento para empresários ou cooperativas locais.

Para o cálculo do potencial de produção de energia de oleaginosas da Regional do Juruá foi tomado como exemplo a espécie vegetal murú-murú (*Palmae, Astrocaryum ssp.*, n.c.), que é abundante na região. Os inventários florestais recensearam uma média de 100 plantas por hectare na calha do rio Juruá e seus afluentes. Conforme estudos realizados pelo Ibama, e descritos em Dias *et alii* (2006), o número de palmeiras com frutos oscila entre um máximo de 80% das plantas com frutos em um ano até um mínimo de 20% em outro. Assim, para que a utilização das espécies oleaginosas nativas seja sustentável, recomenda-se a utilização de apenas 30% da produção das plantas por safra.

Quanto à disponibilidade de matéria prima, a proposta “Energia Nativa” toma por referência o pior ano, quando, somente, poderá ser

colhida à produção de 6 plantas por hectare, com cada uma fornecendo até 9 kg (nove quilos) de sementes, que resultam em 1 kg de óleo vegetal. O potencial de energia contido, unicamente, a partir do murú-murú existente na calha dos rios da Regional do Juruá foi calculado com base nesses valores e, mesmo no caso de um ano de baixa produtividade, o potencial de produção alcança 6.540 MWh que, admitindo consumo médio de 50 kWh por mês, são suficientes para atender o número extraordinário de 10.900 moradias.

A coleta da matéria-prima-nativa renovável para abastecer cada mini-indústria tal como se encontra descrita na Tabela-4.3, cuja capacidade de esmagamento foi especificada em 200 kg/hora, implica a exploração sustentável de somente uma espécie em uma área de 9 km² de floresta típica da calha do rio Juruá, na Regional do Juruá. Essa área é de fato compatível com a distância que o extrativista pode percorrer a pé transportando os frutos coletados. Aliás, tal tarefa, em geral, é facilitada porque as oleaginosas ficam situadas nas calhas dos rios, os quais podem ser usados durante parte do percurso.

Biodiesel

Embora a produção de biodiesel em grande escala esteja consolidada, sua elaboração em locais remotos e isolados é uma opção nova que ainda necessita ser testada. A vida útil dos motores vai depender da qualidade do biodiesel a ser produzido. Como se trata de uma transformação razoavelmente complexa, muitos procedimentos terão de ser absorvidos pelos operadores da usina, para manter a qualidade do produto.

Nesse sentido, o projeto nº 11 “Geração de Energia a Partir de Oleaginosas da Amazônia”, do IME, do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, tem por objetivo construir uma usina para obtenção do biodiesel em São Francisco de Mainá, no estado do Amazonas. A usina, apresentada na Figura-4.14, está em operação na estação experimental do rio Urubu, da Embrapa. O esquema conta com a plantação de dendê da estação, cerca de 400 hectares, e com a usina de extração de óleo da própria Embrapa, mostrada na Figura-4.15, para a extração do óleo vegetal destinado a fabricação do biodiesel.



Figura-4.14. Usina de biodiesel por batelada em operação no rio Urubu.

Fonte: Gonzalez (2007).

Apesar de operacional, o projeto do rio Urubu não dispõe de dados sobre os custos da produção do biodiesel, mesmo porque o dendê será fornecido pela Embrapa, sem custos, até o final do projeto. Apesar disso, é possível fazer estimativas do custo do óleo, tomando como referência o preço cobrado pela Embrapa às empresas que atuam na região como compradoras.

Ainda sobre o mesmo tema da produção de biodiesel em comunidades isoladas, o programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003 está finan-



Figura-4.15. Usina de extração de óleo de dendê da Embrapa, no rio Urubu.

Fonte: ibdem.

ciando o projeto nº 02 “Produção Sustentável de Biodiesel a partir de Oleaginosas da Amazônia em Comunidades Isoladas da Reserva Extrativista do Médio Juruá”, coordenado pelo Prof. José de Castro Correia da Ufam. Nesse caso, o projeto tem por objetivo substituir o óleo diesel da comunidade do Roque, por biodiesel produzido a partir de plantas nativas na comunidade vizinha de Nova Esperança. As Figuras 4.16 e 4.17 mostram o galpão da usina de biodiesel em construção na comunidade de Nova Esperança.



Figura-4.16. Microdestilaria de Alcool na Comunidade de Nova Esperança, REMJ.

Fonte: Barreto (2007a).

Na REMJ se propõe tornar a matriz energética ecológica, substituindo o diesel por biodiesel, fabricado no local, com óleos de origem extrativista



Figura-4.17. Usina de biodiesel em Nova Esperança, na REMJ.

Fonte: ibdem.

de espécies com grande ocorrência na própria área. O custo estimado de produção do óleo de urucuri, conforme a Tabela-4.4, está em R\$1,44 litro.

TABELA-4.4. BALANÇO ECONÔMICO DE NOVA ESPERANÇA.

Itens Relacionados ao Óleo Uricuri	Valores Anuais
Capital/ano	R\$ 8.666,67
Custo mão de obra/ano	R\$ 40.404,00
Custo manutenção	R\$ 3.240,00
Custo energia/ano	R\$ 9.408,00
Custo semente/ano	R\$ 106.668,00
Custo total/ano	R\$ 168.386,67
Produção de óleo/ano em litros	117.072 litros
Custo do óleo de uricuri por litro	R\$ 1,44 por litro

Fonte: Barreto, Barreto (2007a).

Embora esse projeto se encontre em fase de testes foi possível, a partir dos dados fornecidos pelo coordenador, fazer a estimativa do custo de produção do biodiesel do projeto baseado no óleo de uricuri, conforme mostrado na Tabela-4.5. Como ainda não

havia preço do etanol fabricado pela destilaria local, ainda em implantação, foi tomado como referência o preço do álcool posto no mercado de Carauari. Portanto, é possível que o preço do biodiesel, estimado em R\$ 2,94 por litro, venha a ser um pouco menor.

TABELA-4.5. CUSTO DE PRODUÇÃO ANUAL DE BIODIESEL.

Itens para Produção de Biodiesel	Custo Anual
Capital	R\$ 10.666,67
Mão de obra	R\$ 16.176,00
Energia	R\$ 7.680,00
Óleo vegetal	R\$ 168.386,67
Álcool	R\$ 47.412,00
Reagentes	R\$ 21.120,00
Manutenção	R\$ 3.996,00
Custo total	R\$ 275.437,34
Produção de biodiesel	93.600 litros
Custo do biodiesel	R\$ 2,94/litro

Fonte: Barreto (2007a).

Biomassa em Termelétricas a Vapor

Havendo disponibilidade suficiente de biomassa para dar sustentabilidade ao sistema de geração de energia elétrica, então a tecnologia de caldeiras e turbinas a vapor é a mais apropriada para ser utilizada em comunidades isoladas na Amazônia, desde que ela provoque a geração de postos de trabalho. Para alcançar essa meta é necessário agregar processos produtivos que integrem a participação das comunidades, e que sejam capazes de garantir o aumento da renda local. Torna-se, então, intrínseco uma forte parceria entre o estado e a comunidade, tanto a título de incentivo a criação de cooperativas, como em investimentos em empresas privadas. Para completar, é importante dispor do apoio de linhas de financia-

mentos, as quais, devido ao caráter social e ambiental, devem preferencialmente ser a 'fundo perdido', mas sempre com os equipamentos da própria usina de geração de energia ficando como garantia da aplicação do empréstimo.

No caso desse tipo de geração de energia elétrica, a partir de caldeiras e turbinas a vapor, quando se deseja levar em conta os custos amazônicos, ocorre a mesma dificuldade para a obtenção de informações capazes de permitir uma avaliação econômica consistente. Embora existam alguns dados relativos ao uso do resíduo de serrarias, ainda faltam muitos elementos de avaliação quando se tratam de restos de produtos agrícolas, sendo, inclusive, totalmente inexistentes para a torta de frutos oleaginosos.

O projeto nº 16 do programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, denominado “Projeto Marajó”, foi elaborado e implementado pelo Grupo de Energia, Biomassa & Meio Ambiente (EBMA), da Universidade Federal do Pará. Este é coordenado pelo Professor Gonçalo Rendeiro e tem por objetivo a implantação de uma unidade de geração de energia



Figura-4.18. Fábricas de gelo e de óleo, e usina elétrica do “Projeto Marajó”, Breves, PA.

Fonte: Barreto (2007c).

O “Projeto Marajó” integra a infra-estrutura energética com a atividade produtiva por meio de uma usina de geração de energia elétrica, constituída de caldeira e turbina a vapor de 200 kW, uma usina de extração de óleo de espécies da floresta nativa e uma fábrica de gelo com câmara frigorífica de apoio á produção local. O sistema de geração é constituído de uma caldeira com capacidade de produzir 4.000 kg de vapor por hora para um consumo de 750 kg/h de biomassa. A turbina a vapor tem um consumo específico 16 kg vapor por kWh. A disponibilidade de biomassa é de 800 kg/h de resíduos de madeira e 85 kg/h de torta resultado da extração de óleo de buriti. A capacidade de estocagem da biomassa é de 100.000 toneladas, com tempo limite sem deteriorar de 1 ano.

Da potência total disponível, 150 kW estão destinadas à demanda produtiva, com 90 kW para a fábrica de gelo e 60 kW para a fábrica de óleo vegetal. A capacidade restante está distribuída entre as cargas parasitas de aproximadamente 30 kW, a demanda coletiva de 15 kW da escola e do centro comunitário, e ainda 5 kW da demanda residencial de 11 moradias. Deve ser ressaltado que sobre todo este conjunto de cargas existe algum fator de diversidade, em que, por exemplo, à noite, quando os consumidores residenciais têm a sua demanda aumentada, alguma parte da atividade industrial pode estar parada.

É importante observar que o “Projeto Marajó” enfrentou sérias dificuldades para a implantação

elétrica a partir da queima de biomassa acoplada a uma usina de extração de óleo vegetal, fábrica de gelo e câmara frigorífica em uma comunidade isolada na ilha do Marajó. Conforme as Figuras-4.18 e 4.19 sua implantação foi concluída. O sistema está em operação desde outubro de 2007 e vem apresentando resultados bastante animadores.



Figura-4.19. Caldeira, turbina e gerador do “Projeto Marajó”, Breves, PA.

Fonte: ibidem.

do sistema energético e produtivo. Devido ao solo ser movediço, tal como ocorre em boa parte da Ilha de Marajó, foi necessário colocar estacas até a profundidade de 40 metros, para tornar possível a construção de galpões de dimensões apreciáveis, sólidos, estáveis e adequados para receber os equipamentos. A caldeira que pesa 30 toneladas e tem grande volume foi transportada de caminhão e com o apoio de batedores, desde Sertãozinho, em São Paulo, até Belém, no Pará. No porto de Belém não havia guindaste capaz de retirar a carga do veículo para colocá-la na balsa que a levaria para o seu destino. Esse serviço foi realizado com a utilização de vários macacos-hidráulicos e demorou vários dias. O mesmo tipo de trabalho teve de ser repetido para a retirada da caldeira da balsa no local de implantação do Projeto.

Para a proteção do meio ambiente o esquema do EBMA possui uma descarga de concepção ecológica, na qual a água que sai da caldeira passa por um filtro de carvão, seixos e areia, que retém os sólidos formados de sais e particulados. O terreno recebe então a descarga de água já filtrada. A instalação ainda possui um filtro multiciclone ligado à saída da caldeira para coletar os particulados dos gases emitidos por ela.

Segundo o coordenador, quando o sistema estiver em plena operação, essa serraria passará a produzir 12 m³/dia (12.000 kg/dia) de biomassa (Barreto, 2007c). Entretanto, a pretensão é de ampliar essa capacidade para 30.000 kg/dia de biomassa.

De acordo com Barreto (2007c), ao se considerar a potência de 200 kW, com fator de capacidade de 96% e fator de carga de 75% no primeiro ano, e uma taxa de crescimento de 10% ao ano, verifica-se que a capacidade total de geração da usina será atingida no 5º ano de operação. Esse fator de carga é maior em relação aos outros projetos analisados no âmbito do CT-Energ-03/2003, e decorre da estrutura produtiva acoplada ao projeto ser a principal demandante de energia. O mercado de consumidores residenciais é muito pequeno em relação à potência disponibilizada, compreendendo apenas 11 domicílios.

O investimento total do “Projeto Marajó” em equipamentos, fretes, obras e instalações foi de R\$ 841.169,50. A vida útil dos principais equipamentos de geração, constituídos pela caldeira, turbina a vapor e gerador de energia elétrica, é de 25 anos. A rede elétrica de distribuição para as moradias não integrou o valor do investimento porque não constou do projeto, e, também, não foi construída. Aliás, dos projetos analisados, esse é o único que não considerou investimento em rede.

Dada a potência do sistema e a complexidade da sua operação, foi necessário considerar a norma NR-10 para balizar os custos de operação do complexo energético. Assim, são 16 funcionários, entre operador de caldeira, foguista e mecânico industrial, que se revezam, de forma a sempre haver uma equipe de quatro pessoas por turno de oito horas, e uma de folga. Os custos de operação chegam a quase 175 mil reais por ano e os custos de manutenção a 23 mil reais por ano. Dessa forma, o custo médio de O&M alcança cerca de R\$ 0,13 por kWh. Neste valor está embutido o custo estimado do insumo energético formado pelos resíduos de madeira, da ordem de R\$ 26.000,000 por ano, e de 6.570.000 kg de biomassa por ano, a um preço de R\$ 0,004 por kg (Barreto, 2007c).

Desse modo, o valor da energia gerada, considerando os pressupostos acima, foi R\$ 296,55 por MWh. Com sub-rogação da CCC, esse valor cai para R\$ 226,54 MWh.

Atualmente, não há nenhuma empresa interessada em atender o fornecimento de energia elétrica para a comunidade de Santo Antonio, e a gestão integrada da usina e das unidades produtivas está sendo feita pela Cooperativa Multiprodutos de Santo Antônio (CMSA), criada na própria comunidade. Ressalta-se que antes do projeto, a comunidade gastava 300 litros de óleo diesel por semana, representando uma despesa mensal de R\$ 2.100,00, ao preço elevado de R\$ 0,58 por quilo watt-hora.

Por outro lado, o custo da geração de Santo Antônio pode estar defasado em consequência do aumento dos preços dos equipamentos, em razão do incremento da demanda de caldeiras e turbinas por projetos com esse tipo de tecnologia. Muitos desses novos projetos têm por origem o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), além da demanda natural para cogeração de eletricidade nas usinas de açúcar e álcool. Por outro lado, existe um projeto em implantação, também dirigido pelo EBMA, da UFPA, e patrocinado pelo Ministério de Minas e Energia, com uma caldeira e turbina a vapor de 50 kW, embarcado em balsa, que poderá reduzir sobremaneira o custo com obras e instalações (Barreto, 2007c).

A parte produtiva do “Projeto Marajó” integra mais dois galpões. Um deles destinado à fábrica de óleo de buriti, com a prensa na qual é feito o cozimento da polpa a 70°C, utilizando parte do vapor produzido pela caldeira do sistema energético e de onde sai o óleo. A torta, à razão de 90 kg/h, pode ser reaproveitada como insumo energético para a caldeira. Neste segundo galpão ainda consta o filtro do óleo, do qual o produto é bombeado para o tanque de estocagem em aço inox, com capacidade de 5 mil litros.

O terceiro galpão do “Projeto Marajó” contém uma fábrica de gelo com capacidade de produzir 10 toneladas por dia e uma câmara frigorífica com capacidade de 60 t/dia. A câmara frigorífica é destinada ao armazenamento de produtos da região, tais como polpa de frutas, peixe e camarão. O gelo em escamas pode ser armazenado em um silo com capacidade de 20 toneladas. Os equipamentos de fabricação de gelo são: um compressor de 40 CV, um tanque e um condensador de amônia.

Barreto (2007c) argumenta que a proposta desse projeto não poderá ser replicada integralmente no âmbito do “Programa Luz para Todos”, uma vez que este não admite projetos elaborados com recursos para fins produtivos, a menos que tais recursos sejam oriundos de outros programas de governo ou de doações de instituições privadas ou multilaterais. Então, para o caso da Região Amazônica, a melhor solução será associar o PLpT com outros programas ou projetos, produtivos e sociais, de forma que ações integradas efetivas possam dar materialidade ao inciso III do Art. 5º do Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003, que instituiu o “Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica”. Esse Programa define como uma das suas prioridades os “projetos de eletrificação rural que

enfoquem o uso produtivo da energia elétrica e que fomentem o desenvolvimento local integrado”.

Contudo, o valor do investimento é muito alto para os padrões adotados pelo Programa. O custo por domicílio é um dos principais indicadores para a realização de obra. Esse tipo de projeto poderia beneficiar um Produtor Independente de Energia ou Autoprodutor, que faça o investimento por conta própria, mas que tenha a garantia da compra da energia pela concessionária. A título informativo, a Tabela-4.6 apresenta os números que deverão resultar do projeto caso as operações de natureza econômica sejam de fato plenamente realizadas.

TABELA-4.6. BALANÇO ECONÔMICO DE SANTO ANTÔNIO.

Especificação	Receita Bruta Mensal (R\$)	Despesa Mensal de O&M (R\$)
Energia elétrica	28.000,00	24.000,00
Gelo	15.000,00	12.000,00
Câmara frigorífica	8.000,00	6.000,00
Óleo vegetal	16.000,00	13.000,00
TOTAIS	67.000,00	55.000,00

Fonte: Barreto (2007c).

Gaseificador com Gerador de Eletricidade

Gaseificadores de pequeno porte ainda não apresentaram resultados satisfatórios para geração de energia elétrica. O grande problema reside na produção de alcatrão, que não consegue ser totalmente eliminado na lavagem dos gases, e acaba por contaminar o grupo-gerador, tornando a manutenção cara e freqüente.

No âmbito do edital CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, dois projetos foram aprovados. O projeto nº 13 “Nacionalização da Tecnologia de Gaseificação de Biomassa e Formação de Recursos Humanos na Região Norte”, que deveria instalar um gaseificador de 20 kW, próximo a Manacapuru, no Amazonas. E o projeto nº 21, “Modelo de Negócio de Energia Elétrica Aplicado ao Município de Manacapuru no Amazonas”, financiado através de convênio do MME com o Núcleo de Eficiência Energética (Nefen) da UFAM, que visava a implantação de um sistema de gaseificação para o consumo de caroço de açaí, podendo ser utilizados outros tipos de resíduos do agro-extrativismo. Contudo, nenhum deles foi instalado.

Biodigestor

A instalação de um biodigestor para produzir biogás não se traduz em apenas na utilização de uma fonte alternativa de energia. Vários benefícios indiretos estão associados ao biodigestor, tais como bem-estar social, saúde da família, profilaxia do rebanho, e até a conservação de sementes.

O biogás propicia ao homem do campo, principalmente aos que se encontram distantes de

redes elétricas, o bem-estar do uso de equipamentos como geladeira, fogão a gás e lâmpadas, que trarão o conforto de uma água gelada, assim como a praticidade de fogo instantâneo e de uma iluminação isenta de fuligem. O emprego do biodigestor induz a coleta de resíduos, que iriam favorecer o desenvolvimento de ecto e endoparasitas, tanto do homem como dos animais. A passagem do biogás através de um silo torna a atmosfera anaeróbica e impossibilita o desenvolvimento de pragas. Este gás pode ser normalmente re-utilizado como energético, o que reduz praticamente a zero o custo do tratamento das sementes.

Os biodigestores de excrementos são largamente utilizados na China e na Índia, mas no Brasil encontram uma resistência social movida pela ignorância. Ele significa uma técnica bastante limpa, que, aliás, favorece a higiene do meio ambiente, inclusive reduzindo doenças em seres humanos, animais e plantas. Seu uso com resíduos do beneficiamento de produção agro-florestal é pouco conhecido, e necessita de algum estudo antes de se tornar uma tecnologia viável para a Amazônia.

A viabilidade do uso do biogás pode ser observada na sua utilização em épocas de crise. Na Segunda Guerra Mundial, os alemães e italianos acionava trens e caminhões com biogás. Naquela época, no Brasil, foram construídos vários biodigestores. Passada a crise, o biogás foi esquecido, sendo lembrando em 1973 com a crise do petróleo. Mais uma vez houve interesse em se produzir biogás no Brasil. O Ministério de Minas e Energia e a Eletrobrás financiaram a construção de plantas pilotos para a divulgação dessa tecnologia. Passada aquela crise, houve uma desativação de todos os programas de

energia alternativa, inclusive do Pró-Álcool, que era um programa mais ambicioso do que o biogás, e foi o primeiro a ser posteriormente reativado.

A implantação de um biodigestor é economicamente viável, com retorno garantido em unidades com produção diária acima de 6 m³ de biogás. A Tabela-4.7 apresenta o balanço econô-

mico anual de um biodigestor com produção de 7,68 m³/dia. Um biodigestor desses pode atender ao cozimento do alimento para 8 pessoas, 1 geladeira, 5 lâmpadas funcionando quatro horas por dia, 1 motor de 5HP funcionando 15 minutos por dia e um ferro de passar funcionando diariamente durante uma hora.

TABELA-4.7. BALANÇO ANUAL DE BIODIGESTOR COM PRODUÇÃO DE 7,68 m³/DIA DE BIOGÁS.

Itens relativos a um biodigestor	Valores
Custo de implantação	R\$ 3.600,00
Vida útil prevista	10 anos
Juros anuais	8,75% aa
Remuneração do capital investido (8,75% ano)	R\$ 315,00 aa
Custo de operação (1 hora para coleta de 211 kg esterco)	R\$ 365,00 aa
Remuneração do custo de operação (4,5% ano)	R\$ 16,42 aa
Custo de manutenção (2% do capital inicial)	R\$ 72,00 aa
Custo de amortização (capital inicial/vida útil de 10 anos)	R\$ 360,00 aa
Despesa anual total	R\$ 1.128,42 aa
Receita (26 m³ de biogás = a 13kg de GLP = R\$ 25,00)	R\$ 2.695,38 aa
Lucro anual	R\$ 1.566,96 aa

*Obs: custos relativos ao ano de 2004.
Fonte: Perazzo Neto (2004).*

Observa-se assim, que o biogás, além da viabilidade técnica, apresenta viabilidade econômica. A tecnologia do biogás é fácil, com construções em alvenaria e em chapa de ferro, de execução simples por pedreiro e serralheiro. A operação de um biodigestor é simples, resumindo-se em uma mistura de água com matéria orgânica, tendo-se apenas o cuidado da observação das proporções recomendadas. O biogás é uma fonte de energia não poluidora e de baixa periculosidade, necessitando dos cuidados inerentes a substâncias combustíveis.

Sistema Diesel de Referência

Embora este capítulo esteja destinado à avaliação econômica do atendimento energético rural descentralizado a partir de fontes renováveis de energia, cabe definir ao mesmo tempo as características da geração diesel porque ela integra a maioria dos sistemas híbridos. Além disso, a implantação de esquemas energéticos a partir da biomassa não-madeira requer um período de maturação até sua auto-suficiência, que necessitará de eletricidade gerada a diesel.

Como se sabe, na Amazônia, o uso do óleo diesel nos sítios isolados é amplamente disseminado, sendo adotado nos barcos, no beneficiamento da produção e na geração de energia elétrica. Poe

causa da distância das refinarias e da escassa rede oficial de distribuição, o preço deste combustível é muito elevado, entre 50% a 100% superior ao valor pago nos grandes centros urbanos. Os maiores valores acontecem quando a comercialização é feita pelos marreteiros que navegam nos rios da Região, comprando e vendendo mercadorias. Mesmo quando ele é adquirido nas sedes dos municípios pelo valor oficial, uma parte da economia é gasta no transporte até o local do consumo.

Todos os motores dessas comunidades isoladas são pequenos, e quando bem conservados têm o consumo específico de 350 g/kWh, porém a maioria recebe uma manutenção precária, que provoca um consumo elevado de combustível, próximo de 500 g/kWh. Então, ao se considerar um litro de óleo diesel a R\$ 2,20 (preço na Região em março de 2008), o custo da geração se situa entre R\$ 770,00 e R\$ 1.100,00 por Mega watt-hora, sem contar as despesas com a manutenção. Em vários locais, a situação ainda é mais grave, a exemplo da Região do Alto Juruá, onde o diesel é vendido pelos marreteiros a R\$ 4,00 por litro que, na prática, significa trocar 3 kg de feijão por um litro de combustível. Em consequência, o custo da eletricidade é o maior de todos e se situa entre R\$ 1.400,00 a R\$ 2.000,00 por MWh, sempre deixando de contar as despesas com a manutenção dos equipamentos. Portanto, o

custo dessa energia elétrica sem o apoio da CCC é muito superior à tarifa rural.

Outra avaliação sobre o custo da geração diesel é feita tomando como referencial os sistemas de Aruã e Tamaruteua, que somam a potência total de 60 kVA. Para que a vida útil seja maximizada, admite-se dois grupos geradores de 30 kVA cada funcionando alternadamente por 10 anos. Ao se incluir os equipamentos, as obras e a instalação da rede de distribuição, o investimento alcança o total de R\$ 117.950,00. Destaca-se que a vida útil desses pequenos geradores é curta. No caso de Tamaruteua, o fabricante especificou que um grupo gerador diesel, trabalhando 24 horas/dia, obedecendo ao fator de potência indicado pelo fabricante, de 80%, e ainda a um fator de capacidade de 90%, pode operar por 5 a 6 anos e ainda suportar 4 ou 5 retíficas. O custo de operação anual foi calculado igual ao dos projetos acima mencionados, de R\$ 28.270,00, e, para o mesmo período, o custo de manutenção, preventiva e corretiva de R\$ 24.420,00. Dessa maneira, o custo médio de O&M resultou em R\$ 230,00 por MWh, representando 23% dos desenhos anuais do empreendimento, e o custo do combustível significou 41% dos desenhos, sendo em média R\$ 620,00 por MWh, para um consumo específico muito otimista de 300 g/kWh, que é típico dos equipamentos de grande porte. Em resumo, considerando os valores acima e os demais pressupostos, o custo da energia do sistema ficou em R\$ 1.398,95 por MWh, que no caso do empreendedor receber o subsídio da CCC cai para R\$ 566,21 por MWh.

Sistema Híbrido (Fotovoltaico/Eólico/Diesel)

Na Região Norte, o trabalho sobre sistemas híbridos integrando as fontes fotovoltaica, eó-

lica e diesel, desenvolvido pelo Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas da Universidade Federal do Pará (GEDAE) da UFPA, tem alcançado resultados positivos significativos. Sua atuação vem contribuindo tanto no aspecto tecnológico, como no operacional, com destaque para a especificação da configuração de pás mais adequada às baixas intensidades de vento e aos sistemas de cobrança pré-pagos. Nesse sentido, é mais expressivo o projeto nº 1, de “Revitalização do Sistema Híbrido Fotovoltaico-Eólico-Diesel da Comunidade de Tamaruteua, no Município de Marapanim, no PA”. Esse projeto, que entrou em operação em 2007, recebeu a coordenação do Prof. João Tavares Pinho, e foi implantado no âmbito do edital CT-Energ/MME/CNPq-03/2003, com recursos do BID/Fumin.

A potência total do sistema de Tamaruteua é de 51 kW para fornecer energia elétrica a uma comunidade com 53 domicílios. A instalação das fontes renováveis conta com dois aerogeradores de 7,5 kW cada, 32 módulos fotovoltaicos de 120 Wp, um inversor de 23 kVA, um banco de 64 baterias de 185 Ah em 12 volts conectadas em série de quatro e paralelo de 16 unidades. O gerador diesel de 40 kVA foi especificado para ser controlado eletronicamente, podendo entrar em funcionamento ou ficar desligado, a depender da carga existente. O projeto também implantou uma nova rede elétrica trifásica com cabo multiplexado visto na Figura-4.20, e introduziu medidores com cartão pré-pago apresentado na Figura-4.21. Pelo mesmo projeto ainda foram adicionados um sistema eletrônico de controle da operação do sistema e uma supervisão telemétrica, para acompanhar em tempo real as variáveis meteorológicas e elétricas para avaliação de desempenho do conjunto.



Figura-4.20. Rede multiplexada e turbina eólica em Tamaruteua, PA.
Fonte: Barreto (2007c).



Figura-4.21. Medidor pré-pago em Tamaruteua, PA.
Fonte: ibidem.

Os sistemas híbridos integrados por fontes renováveis tradicionais e com participação de geração diesel complementar refletem o conjunto dos desempenhos econômicos de cada componente, e o custo operacional da energia sofre um acréscimo significativo. Mesmo assim, continuando a política de somente subsidiar o consumo de combustível fóssil, certamente haverá a tendência de evitar a manutenção mais cara e mais complexa das fontes renováveis, e, em algum tempo, o sistema poderá abandonar a sua característica híbrida. Esse risco de predominância do diesel é menor quando a fonte hidráulica integra o conjunto, porque seu custo de manutenção é baixo. A fonte eólica, cuja parte elétrica não é comum na região, deve ser muito bem equacionada para evitar o sucateamento pela geração diesel. No caso da energia FV no sistema híbrido, o risco de sofrer abandono é grande por causa do custo do equipamento, reposição de baterias, obrigação de limpar diariamente os painéis para garantir a melhor eficiência do conjunto.

Outras Alternativas Energéticas

A avaliação econômica das outras alternativas energéticas requer considerações mais amplas, porque elas não são fontes renováveis de energia e, portanto, apresentam menor compatibilidade com a natureza. O gás natural é um combustível de origem fóssil. O hidrogênio é um vetor energético utilizado em arranjos híbridos e incluindo o uso de alta tecnologia e materiais especiais. As células a combustível representam um meio de transformação para facilitar a estocagem da energia, sendo adequada em sistemas híbridos e, também, utiliza alta tecnologia e materiais especiais. Os sistemas híbridos, no caso da Amazônia, geralmente integram geração movida a diesel. Em suma, todas estas outras alternativas energéticas apresentam restrições quanto aos fatores ambientais. Por esta razão, no caso do planejamento energético das áreas de floresta, elas são alternativas que devem ser consideradas e avaliadas com a participação integrada da alternativa da bioenergia, cujo potencial de geração de postos de trabalho e de renda é, certamente, muito

maior, além de possuir intrinsecamente uma grande capacidade de conservação ambiental.

O gás natural tem sua justificativa baseada na existência local do produto, e o fato de ser menos oneroso do que os outros combustíveis fósseis. Ele é um combustível não-renovável, normalmente concentrador de renda, de horizonte finito, que pouco, ou nada, contribui para o desenvolvimento sustentável das comunidades rurais isoladas no interior da floresta, porque não cria vínculos entre a disponibilidade energética e a conservação da natureza. O gás natural reflete o mesmo significado negativo de conservação ambiental que o óleo diesel, o qual, em todos os locais onde foi disponibilizado com subsídio da CCC-Isol, resultou na substituição da floresta por atividades de agricultura e pecuária, cuja lucratividade a longo prazo fica inferior a da exploração sustentável da mata nativa.

O vetor hidrogênio e as células a combustível ainda significam tecnologias emergentes e pouco indicadas para os locais isolados, onde o acompanhamento e a manutenção ficarão prejudicados. Para estas novas opções energéticas, qualquer consideração de viabilidade econômica seria precipitada. Elas representam opções interessantes para melhorar o desempenho de sistemas eólicos e fotovoltaicos, ao evitar a participação do óleo diesel nos sistemas híbridos.

O estudo sobre o vetor hidrogênio fomentado pelo programa CT-Energ/MME/CNPq 03/2003, através do projeto nº 12 “Gestão Energética para o Desenvolvimento Sustentável no Centro de Pesquisas Canguçu”, proposto pela Universidade Federal do Tocantins, deve indicar as características de sustentabilidade desta opção energética. Ressalta-se que o Centro de Pesquisas do Canguçu é adequado para uma primeira pesquisa envolvendo uma tecnologia sofisticada, que necessita ser acompanhada por pessoal técnico especializado. Em razão das dificuldades de se produzir hidrogênio com a pureza suficiente para ser queimado em motor de combustão interna, esse projeto foi modificado e adquiriu uma célula combustível em substituição ao vetor hidrogênio. Contudo, ainda não apresentou resultados.

UM MARCO REGULATÓRIO PARA O ATENDIMENTO ENERGÉTICO DISTRIBUÍDO DE COMUNIDADES ISOLADAS DA AMAZÔNIA

Por causa dos altos custos, a universalização da eletricidade na Amazônia rural brasileira quase sempre foi relegada a um segundo plano, tendo avançado pouco até a criação do “Programa Luz para Todos” do MME, em 2003. Anteriormente, o “Programa Luz no Campo” tentou preencher esta deficiência por meio de empréstimo financeiro destinado a fornecer um serviço básico para a faixa de população mais desfavorecida do País; no entanto a renda local insuficiente não permitiu o avanço da idéia. Com o PLpT, toda a infra-estrutura, inclusive a ligação no interior do domicílio, passou a ser fornecida gratuitamente para os novos usuários, e sendo financiada pelos consumidores das áreas mais desenvolvidas. Mesmo assim, para o caso da Amazônia, a questão ainda não ficou totalmente resolvida, porque a previsão orçamentária inicial não será suficiente para atender aquela região de difícil acesso e de população esparsamente distribuída.

Onde as vias de comunicação terrestre estão presentes, ocorre a possibilidade da interligação com as redes de distribuição existentes, e o investimento para a implantação dos novos sistemas é semelhante ao das outras áreas rurais do país. Entretanto, o solo friável e as chuvas intensas podem acarretar em despesas de manutenção muito elevadas. Nos locais com populações ribeirinhas não há como efetuar as ligações a partir da extensão dos sistemas existentes, sendo necessário instalar geração distribuída. Nesse caso, não existe o problema energético do transporte rodoviário, salvo um ou outro veículo isolado, mas o uso de fontes locais renováveis em substituição ao óleo diesel e a gasolina utilizados tanto na geração distribuída como nos barcos e no funcionamento das mini-indústrias é um aspecto essencial para o desen-

volvimento local. Isso poderia ser feito por permissionárias, com programas de apoio técnico e financeiro, caso não houvesse interesse da concessionária em investir nessas tecnologias.

No entanto, ao se avaliar a legislação brasileira nas últimas décadas, observa-se a falta de eficácia em propiciar os requisitos essenciais para a universalização do atendimento elétrico dessas pequenas comunidades isoladas. Na Região Norte, os custos elevados desse setor representam um desafio em motivar empresas privadas para o atendimento de um contexto geograficamente difícil e com incertezas de retorno do investimento. Cumpre, então, determinar os princípios que devem reger a política da universalização e o papel que cada agente deve desempenhar nesse processo, isto é, determinar as obrigações e os direitos das concessionárias, assim como dos futuros consumidores a serem beneficiados, e, também, do próprio órgão regulador.

Juntamente com as mudanças na política nacional nos últimos anos, o setor elétrico brasileiro sofreu alterações, passando de um monopólio estatal para formar um conjunto em que estão incluídas concessionárias privadas, e que está baseado no mercado e na regulação. A universalização dos serviços de energia elétrica se encontra no âmbito do serviço público, cabendo as concessionárias a responsabilidade pela implementação dessa política pública, conforme contrato de concessão e as leis e regulamentos do setor. Entretanto, a legislação vigente que rege o setor elétrico brasileiro reflete uma preocupação voltada para os grandes consumidores, enfatizando temas como qualidade de energia, continuidade do atendimento elétrico, áreas de concessão e eficiência energética, relegan-

do a um segundo plano as áreas rurais que necessitam de uma abordagem pautada em um perfil diferenciado dos grandes centros urbanos.

De fato, se no ambiente estatal já não foi possível o atendimento generalizado das áreas rurais, dificilmente isso será concretizado agora, quando o mercado é a principal motivação para a implantação de sistemas de eletrificação. Pelos princípios da iniciativa privada, esta população jamais seria priorizada e permaneceria excluída. Destaca-se então que o fornecimento de energia elétrica em sistemas isolados e, sobretudo, àqueles destinados ao atendimento de comunidades isoladas, encontra amparo normativo diverso, e às vezes até contraditório. Sobre esse aspecto, muito falta para ser feito, de forma a tornar viável o atendimento das comunidades rurais isoladas do Norte do País.

Diante das dificuldades de se universalizar a Amazônia com serviços de energia elétrica cabe discutir os modelos de gestão para a eletrificação das comunidades isoladas não atendidas pela extensão de rede elétrica convencional. Nesse sentido, ressalta-se o disposto nos Artigos 21 e 175 da Constituição Federal de 1988, que tratam das regras fundamentais para a prestação do serviço de energia elétrica no País. O primeiro diz que compete à União explorar diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água. O segundo profere que incumbe ao poder público à prestação de serviços públicos seja diretamente ou sob regime de concessão ou permissão.

Considerando os ditames de nossa Carta Magna fica evidenciado que a universalização dos serviços de energia elétrica se encontra no âmbito do serviço público, cabendo as concessionárias a responsabilidade pela implementação dessa política pública, conforme contrato de concessão e as leis e regulamentos do setor. Posto isso, cumpre determinar os princípios que devem reger a política de universalização e o papel que cada agente deve desempenhar nesse processo. Para tanto, se faz necessário compreender a natureza da Constituição de 1988 e do direito administrativo brasileiro e as implicações dos seus princípios e das suas normas sobre a legislação do setor elétrico, naquilo que se refere ao atendimento ao consumidor, notadamente ao consumidor rural isolado impossibilitado de ser atendido por extensão de rede elétrica.

EVOLUÇÃO INSTITUCIONAL DO SETOR ELÉTRICO ATÉ A CONCEPÇÃO DAS POLÍTICAS DE UNIVERSALIZAÇÃO

No Brasil, o início da eletrificação ocorreu entre 1880 e 1900, com o aparecimento de pequenas usinas geradoras, basicamente destinadas ao fornecimento de energia para serviços públicos de iluminação e para atividades econômicas como mineração, beneficiamento de produtos agrícolas, fábricas de tecido e serrarias. O atendimento foi limitado e precário até o final do século XIX, quando em julho de 1899, o Presidente Campos Sales autorizou a São Paulo Light and Power (Light) a funcionar no Brasil. A preferência da Light pela cidade de São Paulo se deu ao fato da capital paulista concentrar em seu espaço os principais resultados da notável expansão do complexo exportador cafeeiro com grande crescimento populacional, acentuada diversificação das atividades comerciais, fortalecimento dos estabelecimentos bancários e aumento acelerado do número de fábricas. Eram, então, notáveis as oportunidades de investimento interessantes em transporte coletivo acionado a tração elétrica e em geração e distribuição de eletricidade, que representavam as duas principais atividades da Light.

Até 1920 predominaram duas realidades energéticas. A Light, que atuava no eixo mais dinâmico da economia do País, e era responsável por um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica compatível com os existentes nos países desenvolvidos. Por outro lado, um amplo e heterogêneo conjunto de unidades isoladas constituídas por pequenas usinas térmicas e hidroelétricas, pertencentes a empresas de caráter local, que atendiam, muitas vezes, ao consumo de um único município. Também existiam instalações autoprodutoras de estabelecimentos industriais e pequenas unidades de consumo doméstico nas áreas agrícolas.

Durante a década de 20, ocorreu a construção de centrais geradoras de maior envergadura, capazes de atender à constante ampliação do mercado de energia, juntamente com a intensificação do processo de concentração e centralização das empresas concessionárias. A partir de 1927, a American & Foreign Power Co. (Amforp) passou a constituir outra importante fornecedora de energia elétrica. Tendo esbarrado no monopólio do grupo Light sobre o eixo Rio - São Paulo, ela concentrou sua atuação no interior paulista e em certo número de capitais estaduais

do Nordeste e do Sul do País, incorporando diversas pequenas concessionárias.

Nesse período, um vigoroso movimento empreendido pela Light e a Amforp concentrou sob seu monopólio todas as áreas mais desenvolvidas do País, e, também, aquelas que apresentavam maiores possibilidades de desenvolvimento. O que restou fora do alcance da Light e da Amforp tinha pouca expressão. No sul e no sudeste do país, economicamente mais dinâmicos, foi possível a sobrevivência de algumas empresas de menor porte, como a Cataguases-Leopoldina, em Minas Gerais, e a Central Elétrica Rio Claro, em São Paulo. Por outro lado, os estados das regiões norte e nordeste, os mais pobres da federação, certamente não ofereciam nenhum atrativo especial de investimento para essas duas companhias. No interior desses estados, continuaram operando numerosas empresas de porte reduzido, muitas delas mantidas pelas prefeituras, que atendiam ao diminuto consumo local, fornecendo eletricidade, quase sempre, por intermédio de pequenas unidades termelétricas a lenha.

A presença maciça do capital estrangeiro continuou caracterizando, sem grandes modificações, o perfil do setor elétrico brasileiro nas décadas de 30 e 40. Entretanto, a partir da Revolução de 1930, com a ascensão de Getúlio Vargas ao poder, passaram a ocorrer grandes mudanças institucionais, que abriram o caminho para profundas transformações em todos os setores da vida nacional, inclusive no setor de energia elétrica, marcando o início de uma nova etapa na história do País. A Constituição de 1934, em caráter inédito, consagrou novos princípios de intervenção do Estado em atividades de fundamental importância para o interesse nacional, como a exploração das minas e das quedas d'água. Em 10 de julho de 1934 foi assinado o Decreto nº 26.234, o qual promulgou o Código de Águas, contendo muitos princípios que ainda hoje norteiam o setor de águas e energia elétrica.

O Código de Águas de 1934 estabeleceu como postulado básico e inovador a distinção entre a propriedade do solo e a propriedade das quedas d'água e de outras fontes de energia hidráulica para efeito de exploração ou aproveitamento industrial. Todas as fontes de energia hidráulica existentes em águas públicas de uso comum foram incorporadas ao patrimônio da Nação como propriedade inalienável e imprescritível. A partir daí, a União detém a competência de legislar e outorgar concessões de serviços públicos de energia elétrica que antes eram regidos apenas por contratos assinados com os esta-

dos, os municípios e o Distrito Federal. Essa caracterização consagrou o regime das concessões para os aproveitamentos hidrelétricos, fornecidas pelo Presidente da República. No caso de potências instaladas de até 150 kW passaram a vigorar as autorizações concedidas pelo Ministério da Agricultura, para uso exclusivo do permissionário.

O Código de Águas, ao mudar a relação do Estado com a indústria de eletricidade, e estabelecer princípios reguladores mais rígidos, gerou resistências entre as principais empresas do setor. Ao estabelecer, em seu Artigo 195, que as "autorizações ou concessões seriam conferidas exclusivamente aos brasileiros ou empresas organizadas no Brasil", o Código de Águas conteve a participação de companhias internacionais no setor.

A aceleração do crescimento industrial e a urbanização do País fizeram com que a demanda de energia elétrica aumentasse bem mais rapidamente que a capacidade de geração. No início dos anos 40, no Brasil já se prenunciava uma situação de escassez de energia, o que levou o Estado a tomar iniciativas pioneiras no campo da geração de eletricidade.

Ainda que o Código não tenha sido plenamente implementado pelo Governo Vargas, sua inspiração nacionalista provocou incertezas regulatórias que desencorajaram os grandes grupos estrangeiros instalados no país a aumentar seus investimentos. O desestímulo dos empresários e a restrição às importações de máquinas e equipamentos durante a Segunda Guerra Mundial reduziram o ritmo de expansão da capacidade instalada, colocando a disponibilidade de geração em descompasso com o crescimento do consumo. Essa conjuntura desencadeou limitações da oferta com a falta de atendimento de novas ligações, e o aumento da utilização da capacidade instalada a níveis que comprometiam as margens de segurança. Nessa época, passaram a ocorrer artifícios operacionais, como a queda na frequência e a redução na tensão, durante os horários de pico de consumo.

O desenvolvimento do setor elétrico, no período de 1930 a 1945, caracterizou-se por mudanças institucionais que levaram à forte centralização das decisões na esfera federal, em coerência com as mudanças estruturais do Estado brasileiro. As dificuldades do governo federal para regulamentar o Código de Águas refletiram as características monopolistas do setor e da presença majoritária do capital estrangeiro numa atividade que assumia crescente importância para o desenvolvimento econômico. Em maio de 1939, no âmbito da reforma administrativa empreendida pelo novo regime, Var-

gas criou, pelo Decreto-Lei nº 1.285, o Conselho Nacional de Águas e Energia, que foi transformado em Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (Cnaee), pelo Decreto-Lei nº 1.699 de 24 de outubro do mesmo ano, e diretamente subordinado à Presidência da República, sendo geralmente considerado como o primeiro órgão de planejamento econômico do País.

A primeira intervenção direta do Governo Federal na produção de energia teve início em outubro de 1945, com a criação da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf), que marcou um novo estágio no desenvolvimento do setor elétrico brasileiro. Passou, então, a existir a tendência de construção de usinas de grande porte, e a dissociação entre a geração e a distribuição de energia elétrica, com distribuidores regionais a cargo dos governos estaduais.

No pós-guerra, seguiram-se os esforços de planificação da economia brasileira. Dentre eles, o Plano Salte (Plano Saúde, Alimentação, Transporte e Energia), de 1947, que reuniu contribuições de várias áreas do governo federal, sob a coordenação do Departamento de Administração do Serviço Público (DASP). O referido plano era uma tentativa de coordenar os gastos públicos mediante um programa plurianual de investimentos. No campo da energia elétrica, uma de suas prioridades, ele recomendava elevar a capacidade instalada do país de 1.500 para 2.800 MW em 6 anos. Os recursos para a execução seriam provenientes do tesouro federal e de empréstimos externos. O plano foi cumprido apenas em parte e, em 1952, viu-se praticamente encerrado.

A constituição do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDE), estabelecido em junho de 1952, Lei nº 1.628, de 20 de junho, sob a forma de autarquia, criou condições para implementar projetos de longo prazo para o reaparelhamento da infraestrutura (com destaque para energia e transportes) e de instalação da indústria de base. Os recursos vinculados ao setor elétrico eram oriundos da quota dos estados e municípios no Imposto Unificado de Energia Elétrica (IUEE), já prevista desde a Constituição de 1946, nas cotas pagas pelos consumidores.

Durante o governo do Presidente Juscelino Kubitschek, de 1957 a 1961, o Programa de Metas, visou abolir pontos de estrangulamento da economia nacional, mediante inversões em infra-estrutura a cargo do Estado. Durante esse período foi determinada a construção de novas centrais geradoras no Sul do País, visando o aproveitamento da produção excedente de carvão.

Durante o governo Kubitschek, em 1957, aconteceu a segunda intervenção direta do Estado brasileiro na produção de energia elétrica com a criação da Central Elétrica de Furnas S.A. (Furnas), que viria a se responsabilizar pela geração e transmissão de energia elétrica no Sudeste e em parte do Centro-Oeste. Ao contrário da pioneira Chesf, que atuava no Nordeste, região pouco desenvolvida e de industrialização incipiente, Furnas teve como objetivo suprir a demanda energética da região Sudeste, a mais industrializada do País.

A terceira empresa do setor de energia elétrica criada pelo Governo Federal foi a Companhia Hidroelétrica do Vale do Paraíba (Chevap), formada em setembro de 1960. A Chevap, a exemplo da Chesf e Furnas, teve por finalidade específica a construção da usina do Funil, no curso médio do rio Paraíba do Sul, e voltada para aliviar o grave problema do fornecimento de energia elétrica na região metropolitana do Rio de Janeiro.

Como forma de solucionar as freqüentes crises do setor elétrico, em julho de 1962, foi instituída a sociedade Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), vinculada ao Ministério de Minas e Energia, da qual a União subscreveria a totalidade do capital inicial. A Eletrobrás foi concebida como uma empresa pública de âmbito nacional, encarregada de planejar e coordenar o setor, além de desempenhar as funções de *holding* de várias concessionárias e administrar os recursos financeiros destinados às obras de expansão da base produtiva do setor, papel este antes desempenhado pelo BNDE. Ela também passou a ser responsável pela implantação da indústria pesada de material elétrico, em associação ou não com o capital privado, nacional ou estrangeiro. Juntamente com o início da atuação da Eletrobrás, as empresas Chesf, Furnas, e Chevap se tornaram então subsidiárias da companhia *holding* estatal. Em outubro do mesmo ano, visando a minorar as deficiências no setor de distribuição de parte do Nordeste, foi criada a Companhia de Eletricidade do Cariri (Celca), empresa subsidiária da Chesf, com sede em Juazeiro do Norte.

O período que se estendeu de 1946 até a criação da Eletrobrás, em 1962, foi marcado por uma alteração profunda no modelo brasileiro de desenvolvimento econômico. Até então, a indústria nacional de produção de bens perecíveis e semiduráveis de consumo evoluíra a partir da substituição das importações em resposta às restrições externas. A continuidade da expansão industrial deveria centrar-se de forma autônoma no mercado interno. Assim, o

novo estágio dependia de mudanças estruturais que viabilizassem a implantação da indústria pesada, da indústria de bens intermediários e da indústria de bens de capital.

Por outro lado, até 1962, o atendimento das populações rurais, tal como na Europa e na América do Norte, coube a elas próprias. Foram então organizadas instituições políticas locais ou Cooperativas de Eletrificação Rural (CERs), que passaram a providenciar a sua própria rede de distribuição e, às vezes, também a usina de geração. Nesse sentido, as primeiras realizações remontam ao início dos anos 40 no estado do Rio Grande do Sul.

Entre o final do governo JK e o ano de 1967, amadureceu a nova estrutura organizacional que iria planejar, regular, fiscalizar e expandir os serviços de energia elétrica até o início dos anos 90. Na realidade, esse foi um período de transição em que se criaram as principais condições institucionais e os instrumentos financeiros para a futura mudança de escala e de grau de complexidade no setor.

Os principais marcos das transformações no período foram:

- i) a contratação, em 1962, do Consórcio Canambra Consulting Engineers Ltd., com a finalidade de apresentar soluções para os problemas de fornecimento de energia elétrica nas cidades de São Paulo e do Rio de Janeiro;
- ii) a criação, em 1964, do Programa de Ação Econômica do Governo (PAEG, 1964-66) subsidiado pelo Canambra;
- iii) a transformação, em 1965, da Divisão de Águas e Energia do DNPM em Departamento Nacional de Águas e Energia (DNAE); que em 1967 muda outra vez de denominação para Departamento de Águas e Energia Elétrica (Dnaee);
- iv) a criação, em 1968, do Plano Estratégico de Desenvolvimento (PED, 1968-70), igualmente subsidiado pelo Canambra.

A exemplo da quase totalidade dos países ocidentais, o período entre o nascimento dos primeiros embriões do setor elétrico até a nacionalização da sua maior parte, caracterizou-se por um desinteresse quase total das concessionárias privadas pela eletrificação rural. As dificuldades técnico-econômicas e de origem demográfica foram responsáveis pelo bloqueio da iniciativa pelas concessionárias, tanto no âmbito público como privado. Cabe lembrar que esta dificuldade não se deve unicamente ao peso dos investimentos em infra-estrutura, mas principal-

mente às despesas de operação e manutenção face ao reduzido consumo inicial, e a imprevisibilidade da demanda futura de uma clientela com fama de pouco dinamismo e alta inadimplência.

Com a promulgação da Lei nº 4.504 de 21/11/64, que criou o “Estatuto da Terra”, as cooperativas passaram a ser legalmente reconhecidas e aptas a receber ajudas públicas para a eletrificação das zonas rurais. Essa lei afirmou os direitos e obrigações das propriedades rurais, tendo em vista a reforma agrária, e destacou os seguintes pontos:

- obrigação de prever a implantação de eletrificação rural nos projetos de colonização e de reforma agrária, Artigos 18, 72 e 89;
- inclusão da eletrificação rural entre os objetivos de uma política de desenvolvimento rural, Art. 73;
- atribuição ao Ministério da Agricultura da responsabilidade de planejar, programar e promover a eletrificação rural, Art. 74;
- possibilidade das cooperativas de eletrificação rural, de forma prioritária, receberem financiamentos federais, estaduais ou municipais, Art. 90.

Note-se o reconhecimento do caráter prioritário para a eletrificação rural, cujo destaque para as cooperativas estava baseado na afirmação implícita no reconhecimento do papel importante da eletricidade no desenvolvimento rural.

Em 1970, através do Decreto nº 67.052, de 13 de agosto, foram criados o Grupo Executivo de Eletrificação Rural (GEER) e o Fundo de Eletrificação Rural (FUER), quando ficaram definidos simultaneamente dois mecanismos para a transferência de recursos: ou o financiamento direto pelas cooperativas de eletrificação rural, ou um procedimento indireto por intermédio das concessionárias. De 1970 a 1976, essas orientações serviram de base para o primeiro Programa de Nacional de Eletrificação Rural (PNER), durante o qual foram instalados 16.446 km de redes e atendidas 28.056 propriedades rurais. A maior parte das CERs comprava a energia diretamente em alta tensão e construíam elas próprias as redes de distribuição. Nas regiões Sul e Sudeste, o dinamismo era bem maior que no restante do País, com 22.164 propriedades rurais eletrificadas contra 1.684 no Nordeste.

Em 1971, o governo promoveu reformas na legislação tarifária com a intenção de dar sustentação financeira ao setor. A Lei nº 5.655, de 20 de maio

daquele ano, criou a Reserva Global de Reversão (RGR), que estabeleceu a garantia de remuneração de 10% a 12% do capital investido, a ser computada na tarifa. Com isso, o setor passou a gerar recursos não apenas para funcionar de maneira adequada, como também para autofinanciar sua expansão. Complementavam o modelo de financiamento, o IUEE, os empréstimos compulsórios à Eletrobrás e o ingresso de empréstimos externos (sobretudo para financiar a importação de equipamentos). Foi, portanto, uma fase em que o setor se desenvolveu em bases financeiras sólidas e que permitiu expandi-lo em condições econômico-financeiras saudáveis durante o período seguinte.

Por outro lado, o primeiro choque do petróleo alterou significativamente o quadro de crescimento que vinha ocorrendo no Brasil. As regiões menos dinâmicas, geralmente com maior participação de combustíveis fósseis na geração, passaram a ter mais dificuldade para repassar o aumento das tarifas para os consumidores. Para reduzir essa diferença, a Lei nº 5.899, de 05/07/1973, criou a Conta Consumo de Combustíveis (CCC), que estabeleceu o subsídio da geração térmica com óleo diesel e óleo combustível em todo o País por meio de uma compensação financeira repassada às concessionárias, com o objetivo de cobrir os custos excedentes resultantes da falta de interligação ao sistema. Posteriormente, em 18/03/1993, o Decreto nº 774, desmembrou a CCC em três sub-contas: CCC-S/SE/CO – Sul, Sudeste e Centro Oeste; CCC-N/NE – Norte e Nordeste; e CCC-ISOL – sistema isolado.

Até 1974, as tarifas praticadas variavam de uma concessionária para outra, principalmente devido às diferenças no custo da geração e com menos significado da transmissão. As concessionárias que operavam em regiões mais desenvolvidas diluíam o custo do serviço por um número de consumidores muito maior. Isso garantia estabilidade financeira e capacidade de investimento, mesmo com uma tarifa reduzida e impraticável nas regiões que atendiam a mercados incipientes. Desse modo os preços da Light eram os mais baixos, por causa da pouca distância entre a geração e a distribuição.

Em 1974, através do Decreto-Lei nº 1.383, o governo instituiu a equalização tarifária para todo o território nacional, ajustando a remuneração de todas as concessionárias por meio da transferência de recursos excedentes das empresas superavitárias para as deficitárias utilizando a Reserva Global de Garantia (RGG). Com a RGG e o sistema tarifário único, a lógica de intervenção das concessionárias sobre os

sistemas rurais sofreu uma profunda modificação, tornando quase todos estruturalmente deficitários. No caso das concessionárias pertencentes ao Sudeste, as despesas com os programas de eletrificação rural reduziram o pagamento da RGG, e, de modo oposto, para as empresas das outras regiões do País, aumentou o repasse deste imposto.

Quanto às cooperativas de eletrificação rural, os efeitos da equalização tarifária de 1974 foram desastrosos. O fato é que elas adquiriam a energia pelo preço da classe respectiva, e, em seguida, tinham de repassar as despesas com operação e manutenção dos seus sistemas, que chegavam a aumentar o valor final em até 90%. De modo oposto, nas concessionárias o custo adicional era diluído entre os outros consumidores e tinha o benefício da RGG. Com a tremenda diferença de tarifa, as cooperativas deixaram de ser competitivas, e os camponeses passaram a esperar o atendimento por alguma concessionária. Para minimizar a crise do setor, o valor de compra pelas cooperativas recebeu sucessivos descontos nos anos seguintes. Os consumidores do grupo A, que efetuavam a compra acima de 2,3 kV, eram beneficiados com uma redução de 10% em 1975, 20% em 1979, 25% em 1980 e 32,2% em 1981. No caso do fornecimento de eletricidade para o grupo B, abaixo de 2,3 kV, essas reduções iniciavam com 20% em 1975. Em 1976 foi criado um grupo especial de consumidores rurais domiciliares, que iniciou com um desconto de 35% na tarifa, até alcançar 53,3% em 1984. Estes descontos atingiram um máximo no período entre abril de 84 a dezembro de 86 por causa da sobra de geração, que permitiu estimular o abandono da eletricidade com origem no combustível fóssil, com 50% de redução para o grupo A, 59% para as cooperativas e 35% no caso do grupo B.

No âmbito das respostas ao primeiro choque do petróleo foram iniciadas as ações para a substituição do óleo diesel utilizado na agricultura pela eletricidade de origem hidroelétrica. Com essa finalidade, foi criado em 1976, na Eletrobrás, o Departamento de Eletrificação Rural (DEER), para estimular a área rural nas concessionárias. Entre 1976 e 1980, aconteceu um vasto Programa de Eletrificação Rural (PER), que alcançou 16 estados da Federação, além do Distrito Federal e de um Território Federal, quando foram construídos 64.000 km de ramais e atendidos 117.000 novos proprietários. Cerca de 80% dos investimentos provieram do setor elétrico, dos quais 52,3% originados na Eletrobrás e o restante das concessionárias. Os outros 20% foram financiados pelos próprios novos consumidores. O sucesso do progra-

ma se deveu ao bom desempenho econômico do setor elétrico nacional da época, se bem que após 1977 essa tendência passou a decair.

Mesmo durante o 1º PER, a questão rural continuou mostrando uma grande diferença entre o Sudeste, com 49,4% das novas ligações e o Norte com 0,8%, ou somente 935 novos consumidores. Essa tendência de concentração dos recursos da Eletrobrás na direção das concessionárias do sul do País continuou no período seguinte de 1980 a 1984. Do mesmo modo, no 2º PER, sobre 325.534 novos atendimentos rurais, o índice da Região Norte novamente não ultrapassou 1%.

Com a crise econômica dos anos 80, a situação das cooperativas foi piorando de forma gradativa. Nas regiões Sul e Sudeste, a maior parte delas foi comprada pelas concessionárias, quando muitas passaram à condição de prestadoras de serviços de operação e manutenção. No caso das regiões Nordeste, Centro-Oeste e Norte, este confronto foi menos agudo, pois muitas áreas estavam fora do alcance das concessionárias e o peso delas foi importante nos estados de Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba e Maranhão.

Tanto na região Norte como no Mato Grosso, Goiás e parte da Bahia, de colonização recente ou ainda em implementação, nos anos 80, praticamente não existia serviço de eletrificação. Do lado da mobilização popular participativa, a preocupação estava focada para os aspectos relativos aos conflitos pela posse da terra e adaptação ao novo ecossistema, deixando pouco espaço para preocupações sobre a infra-estrutura energética. Em consequência, nestas áreas a eletrificação rural continuou inexpressiva ainda por muitos anos.

Em 30 de dezembro de 1985, a Portaria Interministerial nº 1.877 do Ministério de Minas e Energia (MME) e do Ministério da Indústria e Comércio (MIC) instituiu o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), com a finalidade de integrar as ações, visando a conservação de energia elétrica no País, numa visão abrangente e coordenada, maximizando seus resultados e promovendo um amplo espectro de novas iniciativas, avaliadas à luz de um rigoroso teste de oportunidade, prioridade e economicidade. Mesmo sendo de âmbito nacional, este programa deixou de abordar a redução do desperdício de óleo diesel, que se verificava nas inúmeras gerações isoladas da Amazônia.

A partir de 1989, a maior parte dos incentivos à eletrificação rural foi suprimida. As cooperati-

vas ficaram entregues a própria sorte, principalmente enquanto dependentes de juros de mercado tradicionalmente altos no Brasil. Por outro lado, os raros incrementos de redes rurais efetuados pelas concessionárias continuaram a aumentar a centralização do sistema, e a dependência de mecanismos de solidariedade nacional para o atendimento do campo.

A CONSTITUIÇÃO DE 1988, o NOVO MODELO DO SETOR ELÉTRICO E POLÍTICAS PÚBLICAS DE UNIVERSALIZAÇÃO

A Constituição de 1988 é conhecida pelo seu forte conteúdo programático, como bem o demonstra seu Artigo 3º. Princípios constitucionais que expressam decisões políticas fundamentais, tais como o de erradicar a pobreza e a marginalização, reduzir as desigualdades sociais e regionais, e promover o bem geral, e, ainda, assegurar uma existência digna. Tais preceitos estão, por um lado, alinhadas com o objetivo também constitucional de garantir o desenvolvimento econômico, e por outro, reconhece o quadro de subdesenvolvimento ao qual o País está submetido. Portanto, as políticas públicas estão associadas fortemente a essa Constituição do tipo programática, cuja realização significa se comprometer com as finalidades enunciadas ou não no ordenamento jurídico, e que estão vinculadas ao interesse público. Em consequência, as políticas públicas podem ser definidas como programas de ação governamental voltados à concretização de direitos.

Nos Artigos 21 e 175 da Constituição de 1988 estão os pilares do novo modelo do setor elétrico. Nela está incluso que compete à União, explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão, os serviços e as instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos. Do mesmo modo está expresso que incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre por meio de licitação, a prestação de serviços públicos. Por fim, remete à lei complementar a disposição sobre o regime das empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, o caráter especial de seu contrato e de sua prorrogação, bem como as condições de caducidade, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão, os direitos dos usuários política tarifária e a obrigação de manter o serviço adequado.

Do exposto pode-se inferir que existe um espaço privilegiado, determinado constitucionalmen-

te, para a ação do interesse público no Brasil. Esse é o espaço do serviço público, em que o direito privado aparece de forma subordinada. Nesse campo impera o direito administrativo como parte do direito público. A Constituição Federal define os setores nos quais o interesse público irá conformar um ambiente distinto, próprio para a ação do Estado, e que exatamente por isso pode vir a ser terreno privilegiado para a implantação de políticas públicas. Tal é o caso da universalização dos serviços de energia elétrica.

De imediato, cumpre destacar a existência de dois campos distintos na esfera econômica: o campo do domínio econômico, em cujo ambiente se pratica o preço e predomina o direito privado; e o campo do serviço público, onde se pratica a tarifa e predomina o direito administrativo. Essa distinção é importante, pois se trata de reconhecer que não há intervenção do Estado quando este atua no ambiente do serviço público, pois esta área é de sua própria titularidade. Ao contrário, esta intervenção ocorre quando o Estado atua no domínio econômico, posto que esta área é de titularidade do setor privado (Grau, 2002b:130).

A indústria de energia elétrica apresenta particularidades que torna mais conveniente a sua exploração no âmbito do direito administrativo. Em primeiro lugar não existe possibilidade de competição nessa indústria, ao menos nos segmentos de transmissão e distribuição de eletricidade. A formação de monopólios naturais privados nesses segmentos traria uma irreconciliável contradição entre o interesse privado e a realização do interesse social. A indústria de energia elétrica é organizada em bases nacionais, posto que a sua estrutura física de transmissão e distribuição está limitada pelo território nacional. Além disso, a energia elétrica não se caracteriza como commodities: não é facilmente estocável e não tem mobilidade para ser comercializada no mercado internacional. Por fim, a energia elétrica é essencial para a integração social e o desenvolvimento, com reflexos significativos na melhoria da qualidade de vida.

Portanto, é inegável que a exploração dos serviços de energia elétrica no espaço privilegiado de atuação econômica estatal assegura, pelo serviço público, o provimento de atividades econômicas indispensáveis à realização e ao desenvolvimento da coesão e da interdependência social. Grau (2002:161) acrescenta que a plena realização dos fundamentos e dos objetivos da Constituição Federal depende do Estado garantir que a ordem econômica assegure a todos uma existência digna. A universalização dos serviços de energia elétrica está, portanto, indubitavelmente inserida no contexto do serviço público.

Há de se acrescentar, ainda, que a coesão e a interdependência social, as quais se refere Grau, estão estreitamente relacionadas ao atendimento daqueles requisitos estratégicos comuns a todo o setor de energia, que segundo Martin (1990) significam “garantia de abastecimento, competitividade econômica, gestão dos recursos naturais, interesse público, proteção dos consumidores, externalidades e irreversibilidades”.

A CONCESSÃO, A PERMISSÃO E A AUTORIZAÇÃO

Embora o serviço público seja uma área de atuação privilegiada do Poder Público, este pode, através dos institutos da concessão e da permissão, contratar a iniciativa privada para a prestação dos serviços afeitos a esse ambiente. Entretanto, isso não exime o Poder Público da sua responsabilidade, em última instância, pela prestação do serviço. Em outras palavras, enquanto área de sua própria titularidade, ao poder público não é permitido transferir sua competência, apenas transfere a outrem o exercício da função. É o que diz a Constituição Federal ao se referir a prestação indireta dos serviços públicos quando feita em regime de concessão ou permissão. Por isso, cabe ao Poder Público regular, controlar e fiscalizar o serviço público prestado por concessionário ou permissionário.

No ambiente do serviço público a satisfação do interesse público vem em primeiro lugar. Nele a remuneração pelo serviço é claramente controlada pelo Poder Público, isto é, só é possível praticar tarifas. Além disso, o serviço público pressupõe que a prestação do serviço seja feita de forma adequada. Essa exigência da prestação adequada contém os seguintes elementos: regularidade; continuidade; eficiência; segurança; atualidade; generalidade; cortesia; modicidade nas tarifas. Ao particular, concedido ou permitido, pesa outra regra: o exercício da prestação de serviço público, em nome do Estado, correrá por sua própria conta e risco.

O ambiente do serviço público, portanto, condiciona toda relação entre os particulares, que exploram o serviço público e o Poder Público e entre aqueles e os beneficiários do serviço. Entretanto, é importante estabelecer as diferenças existentes entre aqueles contratados a prestar um serviço por meio de concessão ou de permissão.

A concessão é um contrato administrativo, pelo qual o Poder Concedente delega ao particular a execução do serviço público. Pela concessão o Poder Concedente não transfere propriedade de ativo,

nem se despoja de qualquer direito ou prerrogativa pública. Isso quer dizer que o Poder Público pode a qualquer tempo, no curso da concessão, retomar o serviço concedido mediante indenização prevista no contrato (Meirelles, 1991:334).

Para Meirelles (1991:336-337) a concessão está submetida a duas categorias de normas. As de natureza regulamentar, que disciplinam o modo e a forma de prestação do serviço, visam a prestação de serviço adequado, e são alteráveis unilateralmente pelo órgão regulador (Poder Concedente), conforme o interesse social. A segunda categoria é aquela de natureza contratual, que fixa as condições de remuneração do concessionário, e só podem ser modificadas por acordo entre as partes.

Para as primeiras, prevalece a regra de que a prestação do serviço deve ser feita de forma adequada. Para as segundas, prevalece o princípio da manutenção do equilíbrio econômico financeiro do contrato. Esse é o conflito fundamental que interessa aqui expor face à determinação do Poder Concedente de realizar a universalização dos serviços de energia elétrica, e está fundamentada em princípios constitucionais e na própria característica do contrato administrativo, que estabelece supremacia do poder público frente à parte contratada.

O fato de não constarem cláusulas específicas nos contratos de concessão relativas à universalização do atendimento não exige as concessionárias de realizá-la. A generalidade, constante no conceito de prestação adequada dos serviços, também confere essa obrigatoriedade à concessionária.

A universalização dos serviços de energia toca nos dois pontos da questão acima aludida, isto é, de um lado, é obrigação do concessionário a sua realização. Mas, de outro, por ser um custo não-gereciável impactará no equilíbrio econômico financeiro do contrato.

Com relação ao instituto da permissão, Meirelles (1991) o define como ato administrativo negocial, discricionário e precário. Entretanto, o instituto da permissão a partir da Constituição de 1988 perde a natureza de ato administrativo e passa a ser de natureza contratual. Segundo Albuquerque (2002:36), no entanto, a essência precária permanece. Significando esta a possibilidade de rescisão unilateral pelo Poder Público, a qualquer tempo, inclusive em prejuízo da obrigação de indenizar.

A permissão é realizada via licitação, que pode ser efetuada apenas pela modalidade de “tomada de preço” e “carta convite”. A lei define que

contrato de permissão é um contrato de adesão. Figueiredo (2001:94) afirma que por ser a permissão, após a Constituição de 1988, ato bilateral (contrato), precedido de licitação, jamais poderia ter natureza precária. Essa é uma discussão importante, uma vez que a prestação do serviço público deva ser realizada de forma adequada. Portanto, há certa incompatibilidade entre essa regra fundamental do serviço público e a precariedade do contrato.

Definido os limites legais para o exercício da exploração do serviço público via permissão, resta estabelecer suas possibilidades para o setor de energia elétrica. Esse instituto pode ser adotado para prestar serviço público de energia elétrica – distribuir energia elétrica a consumidor – utilizando-se da forma convencional de energia ou mediante associação ou contratação com agentes detentores de tecnologia (fabricantes), ou titulares de autorização para gerar a partir das fontes solar eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas.

O arcabouço legal do setor elétrico exclui a possibilidade do instituto da permissão ser aplicado aos segmentos de geração de energia elétrica a partir de aproveitamentos de potenciais hidráulicos e a partir de usinas térmicas, como também do segmento da transmissão. O campo de atuação da permissão é mais limitado do que o da concessão. Contudo, a permissão pode ser utilizada pelo Poder Concedente para atuar em área já concedida, haja vista não mais haver contrato de exclusividade com concessionários. Albuquerque (2002:47-48) considera três hipóteses nas quais a permissão pode ser utilizada em área de concessão: *a)* áreas concedidas aonde existe rede de distribuição, podendo haver consumidores ainda não-atendidos; *b)* áreas concedidas em que ainda não há rede de distribuição; *c)* áreas concedidas onde a rede de distribuição ainda não cobre todo o espaço.

Importante lembrar que desde a reestruturação do setor elétrico, com as privatizações das estatais e com a promulgação das leis que moldaram o setor, não houve nenhum caso de permissão. Resta saber se a universalização dos serviços de energia elétrica oferecerá condições para sua efetivação. Ou, em outros termos, em que condições de tarifas e de fornecimento (prestação adequada), considerando a precariedade do contrato, este instituto será viabilizado?

Assim, o instituto da permissão aparenta ser mais um instrumento de pressão do Poder Concedente para fazer com que o concessionário cumpra suas obrigações contratuais, ou instrumento para ser utilizado em áreas de pouco interesse da concessão, do que efetivamente um instrumento para ser usado

à larga pelo Poder Concedente com o objetivo de construir um ambiente de competição no domínio do serviço público de distribuição de energia elétrica. Neste último caso, seria criada a situação absurda de competição no serviço público. No entanto, compete lembrar que a criação das figuras do produtor independente de energia, do comercializador e do consumidor livre, tinha o objetivo de constituir um mercado de energia, com regras próprias e, neste caso, cabendo preços e competição.

A possibilidade do Poder Concedente lançar mão da autorização para prestação de serviço público está prevista na legislação setorial, quando o concessionário não atende a solicitação do usuário para receber a ligação num prazo de 180 dias. Como se trata de ato administrativo discricionário do Poder Público, não há, portanto, necessidade de contrato entre o ente público e o particular, podendo ser utilizada em situações extraordinárias de prestação de serviço público. Por exemplo, quando for impossível que o serviço público seja executado com todas as normas decorrentes do regime jurídico a que está vinculado, expresso pelo caráter especial do contrato de concessão.

Hely Lopes Meirelles (1991, p.349) define serviços autorizados como aqueles em que o Poder Público, por ato unilateral, precário e discricionário, consente na sua execução por particular, para atender interesses coletivos instáveis ou emergência transitória. Diz ainda que esses serviços não têm regulamentação específica, e, por índole, estão sujeitos a constantes modificações no modo de sua prestação ao público e passíveis de supressão a qualquer momento. Tal modalidade pode ser exemplificada por serviços que não exigem execução pela própria Administração. Sendo a contratação desses serviços pelo usuário uma relação de direito privado, sem participação ou responsabilidade do Poder Público.

Contudo, a Constituição Federal, no seu Artigo 21, contempla a figura da autorização para serviços e instalações de energia elétrica, e a Lei nº 9.074/1995 introduziu no arcabouço legal do setor elétrico esse instituto para o Produtor Independente de Energia na atividade de geração. Não é razoável admitir que atividades do setor elétrico possam ser consideradas de interesses coletivos instáveis ou de emergência transitória, porque tais atividades, mesmo praticadas por particulares, incorporam os princípios da continuidade, da qualidade e da universalidade, absolutamente contraditórios com instabilidade e transitoriedade dos serviços.

Por conseguinte, o atendimento do interesse público por particular no setor elétrico precisa oferecer uma garantia mínima para o retorno do investimento. Ou seja, o princípio da precariedade implícito no instituto da autorização não pode ser aplicado, sem reservas, nas atividades de exploração de energia elétrica. Do contrário, qualquer autorização, por exemplo, a exploração de um quiosque num parque público revestir-se-á da mesma relevância que a exploração de uma micro-usina de geração de energia.

A eminente jurista Maria Sylvia Zanella Di Pietro, na 18ª edição de seu consagrado Direito Administrativo (2005), reconhece o instituto da autorização como ato administrativo pelo qual o Poder Público delega a particular a exploração de serviços públicos, a título precário:

Até a 17ª edição, vínhamos entendendo que a autorização não existe como forma de delegação de serviço prestado ao público, porque o serviço é prestado no interesse exclusivo do autorizatário. A partir da 18ª edição, esse entendimento é reformulado. Os chamados serviços públicos autorizados previstos no Artigo 21, XI e XII, da Constituição Federal, são de titularidade da União, podendo ou não ser delegados ao particular, por decisão discricionária do poder público; e essa delegação pode ser para atendimento de necessidades coletivas, com prestação a terceiros (casos de concessão e de permissão), ou para execução no próprio benefício do autorizatário, o que não deixa de ser também de interesse público. (Di Pietro, 2005a:219)

O produtor independente de energia, sujeito às regras de comercialização regulada ou livre, atendido ao disposto na legislação em vigor e no contrato de concessão ou no ato de autorização, poderia ser uma figura jurídica que se aproximaria das necessidades de flexibilização desse serviço para a realidade amazônica. A própria lei, ao admitir a submissão desse agente às regras de comercialização regulada, oferece a chave para a efetivação como prestador do serviço público de energia.

A autorização prescinde de um contrato entre o Poder Público e o agente privado disposto a prestar o serviço. Muitas são as vantagens da adoção desse instituto pelo o poder público para os casos extraordinários da prestação do serviço. A redução dos custos de transação decorrentes da elaboração de licitações e de contratos. A eliminação dos custos decorrentes da existência da concessão ou permissão, tais como: formação da tarifa e condições para seu reajuste e revisão para manutenção

do equilíbrio econômico-financeiro do contrato; condições estritas de manutenção da qualidade do serviço; condições de fiscalização conforme exigido pela legislação em vigor.

As condições especiais para a prestação do serviço de energia elétrica são aquelas oferecidas pelas regiões isoladas do País, principalmente da Amazônia, onde predominam pobreza generalizada, grande distância desde às áreas urbanas, dificuldade de acesso, enormidade dos obstáculos naturais e baixa densidade populacional. Tais condições exigirão da sociedade e do poder público um esforço monumental para que os serviços de energia elétrica sejam oferecidos nos mesmos moldes daqueles oferecidos nas áreas atendidas pelo sistema interligado. Ou seja, o modelo estabelecido pela legislação vigente para o setor elétrico atende aos interesses do Poder Público, dos agentes privados concessionários e dos usuários do sistema interligado. Nada tendo a ver com a realidade das comunidades isoladas da Amazônia.

Os custos inerentes, inclusive os ambientais, relativos à prestação do serviço de energia elétrica no modelo vigente tornam inalcançável tal desejo. Dificilmente a figura do concessionário ou do permissionário se prestará a isso.

Assim, pode-se interpretar que a possibilidade do poder concedente lançar mão da autorização para prestação de serviços públicos nas circunstâncias acima referidas, apenas resguarda ao Estado de delegar a particular o serviço por meio de outro instituto, previsto constitucionalmente e precisamente definido pelo Direito Administrativo, justamente onde não é possível aplicar os institutos da concessão ou da permissão. No entanto, há quem repila o instituto da autorização para execução de serviços públicos por particulares (Lopes, 2005).

POLÍTICAS PÚBLICAS – PROGRAMAS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL PÓS CONSTITUIÇÃO DE 1988

A Constituição de 1988 abordou diretamente, em seu Artigo 187, a eletrificação rural como fator importante da política agrícola. A preocupação com o atendimento elétrico rural no Brasil começou a ser efetivamente considerada com a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro 1991, cujo objetivo central foi de estabelecer uma política agrícola nacional. Afirmou-se então a prioridade do setor público em incentivar as atividades de eletrificação rural e a formação de cooperativas rurais, por meio de financiamentos das instituições de crédito oficiais, bem como a assistência técnica na implantação de projetos e tarifas

de compra e venda de energia elétrica, porém não foi indicada a fonte de recursos financeiros para fins de eletrificação rural. No seu Artigo 93, a referida Lei abarcou inclusive o reflorestamento energético e a produção de combustíveis a partir de culturas, da biomassa e dos resíduos agrícolas. No mesmo artigo, o parágrafo 2º explicitou também a preocupação da eletrificação rural ser um fator de bem-estar social dos agricultores e trabalhadores rurais.

Somente em 4 de março de 1993, com a Lei nº 8.631, é que começaram a ser definidas as fontes de recursos financeiros aplicados à eletrificação rural, com o Recurso Global de Reversão (RGR) sendo computado nos custos dos serviços das concessionárias. Isso ocorreu não somente para fins de expansão e de melhoria dos serviços públicos de energia elétrica, mas incluiu ainda o financiamento de programas de eletrificação rural.

A Lei nº 8.631/93 também tratou da questão da fonte de recursos para os sistemas isolados, e estendeu o rateio da CCC para a geração distribuída de todas as concessionárias. As regiões com baixo índice de atendimento deixaram de ser prioritárias e a possibilidade de universalização se tornou mais remota. Posteriormente, em 18/03/1993, o Decreto nº 774 desmembrou a CCC em três sub-contas: CCC-S/SE/CO (Sul, Sudeste e Centro Oeste); CCC-N/NE (Norte e Nordeste) e CCC-Isol (sistema isolado), esta última geralmente aplicada na Região Norte.

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO DOS ESTADOS E MUNICÍPIOS (PRODEEM)

Por meio do Decreto Presidencial de 27 de dezembro de 1994 foi criado o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (Prodeem), coordenado pelo MME, e tendo por objetivo atender às localidades isoladas não supridas de energia elétrica pela rede convencional. Segundo esse Decreto, tal energia deveria ser obtida de fontes renováveis locais, de modo a promover o desenvolvimento auto-sustentável, social e econômico dessas comunidades, sempre voltado para escolas, postos de saúde, associações, bombeamento d'água e outros usos comunitários, geralmente utilizando sistemas fotovoltaicos.

O Prodeem apresentou sérios problemas de sustentabilidade, por não ter definido mecanismos de gestão dos equipamentos e o papel dos agentes envolvidos no processo, inclusive as associações comunitárias. O modelo de atendimento foi igual para todos os projetos implantados: doação dos

equipamentos pelo referido programa e escolha das comunidades normalmente pela Secretaria de Infraestrutura dos Estados, com o apoio das Prefeituras Municipais. Em alguns projetos o Prodeem contou com a colaboração de outros parceiros, como universidades, concessionárias e ONGs. Os problemas de sustentabilidade apresentados pelos projetos decorreram do fato de não terem sido tratados no domínio do serviço público. Nessa esfera, as obrigações do provedor de energia estão determinadas, inclusive no quesito da isonomia tarifária para a população baixa renda – e é essa condição que torna possível a extensão de rede para localidades pobres e com baixa carga. Portanto, pode-se afirmar que está aí razão das dificuldades para a sustentabilidade desses projetos e programas.

Em julho de 1998, o MME, com o apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), do Governo Americano e da União Européia, elaborou um Plano de Ação que buscou descentralizar as ações do Programa transferindo para os próprios agentes locais a promoção de um mercado sustentável de serviços de energia renovável. Tal Plano visou ainda desenvolver estudos necessários para medir o potencial do mercado das microrregiões, e definir o tipo de produção de energia mais adequado às características locais e às necessidades dos consumidores, assim como identificar mecanismos financeiros inovadores ou adaptados, destinados aos consumidores finais de energia renovável do meio rural.

PROGRAMA LUZ NO CAMPO

Com o objetivo de estimular a intensificação das atividades rurais por meio da eletrificação do campo, o Ministério de Minas e Energia criou o Programa Nacional de Eletrificação Rural, denominado “Luz no Campo”, que foi instituído pelo Decreto Federal de 02 de dezembro de 1999. A execução deste ficou a cargo das concessionárias, estados, municípios e cooperativas rurais, sob a supervisão da Eletrobrás, sempre em articulação com os demais programas e ações do Governo, especialmente com o Procel e o Prodeem.

O “Programa Luz no Campo” foi concebido na forma de financiamento das instalações para os consumidores rurais, que durante um certo número de anos deveriam ressarcir em parcelas o custo total da instalação. O Programa assumiu características individuais em cada estado, recebendo apoios financeiros diferenciados conforme o Governo local. Em certos

estados, o “Programa Luz no Campo”, também, financiou as instalações elétricas internas das moradias.

O referido Programa tinha por objetivo levar energia elétrica a 1 milhão de propriedades e domicílios rurais, num horizonte de 3 anos, por meio de uma linha de crédito de 1,77 bilhões de reais proveniente dos recursos do RGR e Uso do Bem Público (UBP). Com estes valores, pretendia-se manter um custo médio de R\$ 1.770,00 por consumidor. No entanto, o valor das ligações foi bastante superior, e alcançou R\$ 2.466,43 por consumidor, já em 2000, conforme o Relatório Síntese 2000 da Eletrobrás referente ao Programa. Considerando que o atendimento inicial priorizou as áreas rurais mais acessíveis, para alcançar todo o Brasil, incluindo os locais mais remotos e com complexidade cada vez maior, o investimento haveria ainda de ser superior.

De acordo com o Banco Mundial em seu relatório “Brazil Background Study for a National Rural Electrification Strategy: Aiming for Universal Access” (World Bank, 2005), as conexões relacionadas ao “Programa Luz no Campo” para alguns dos mais difíceis segmentos de usuários, tais como as moradias dispersas do interior rural, alcançaram gastos superiores a US\$4.000,00 por ligação no Estado da Bahia. Esse preço ficou bem acima dos valores usuais do mercado internacional e da média do mencionado Programa, que girava em torno de US\$950,00 por nova ligação. Assim, ao se considerar a taxa de câmbio relativa a junho de 2003, de US\$ 1,00 por R\$ 2,89, o valor final em moeda nacional ultrapassou, na Bahia, R\$ 11.560,00 por ligação.

Além do custo maior que o previsto, também existiram outras barreiras que impediram uma evolução global mais acentuada do “Programa Luz no Campo”. Neste sentido, destacaram-se a demora na assinatura dos contratos com os agentes executores, a dificuldade na celebração de convênios de participação dos Governos Estaduais, a carência de um maior conhecimento por parte dos agentes executores do mercado de energia elétrica na área rural e a incompatibilidade entre os preços das ligações e o perfil de renda dos pretendentes.

MODELO DE UNIVERSALIZAÇÃO DE 2002 E INCENTIVOS ÀS FONTES RENOVÁVEIS

Em 2002, com a Lei nº 10.438 de 26 de abril, o Governo Federal voltou novamente a tratar da universalização com o intuito de promover o serviço de energia elétrica em todo o território nacional. Na mesma Lei, também, foram garantidos os recur-

sos da subvenção econômica destinada à modicidade tarifária para a subclasse de baixa renda. Com esse objetivo, e conforme redação posterior que foi dada pela Lei nº 10.762, de 11/11/2003, foram definidas medidas de redução da taxa de interligação na rede de distribuição, facilitação da comercialização e extensão do prazo do rateio da CCC para 20 anos. Foi então definido que em áreas, progressivamente crescentes em torno das redes de distribuição voltadas para o atendimento em tensão inferior a 2,3 kV, ainda que necessária à extensão de rede primária de tensão inferior ou igual a 138 kV, e em toda unidade consumidora com até 50 kW de carga, o atendimento seria sem ônus de qualquer espécie para o solicitante. Entretanto, esse benefício somente seria válido se o novo consumidor também possuisse característica de enquadramento no Grupo B.

Na mesma Lei nº 10.438, foram alterados os dispositivos legais que interferiam no aproveitamento das fontes alternativas e da co-geração, e criados mecanismos para estimular a utilização das energias solar, eólica e da biomassa. Essa Lei, embora longe de atender os objetivos não alcançados pelo “Programa Luz no Campo”, já incluiu alguns avanços, apesar da difícil tarefa de ampliar o índice de atendimento de algumas regiões de acesso mais difícil. A Lei nº 10.438, entre outras disposições, criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (Proinfa) e a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). A criação da CDE foi uma das medidas mais importantes adotadas para o desenvolvimento energético dos Estados, e passou a desempenhar um papel fundamental na universalização e na otimização do sistema interligado.

Ainda conforme a Lei nº 10.438, Art. 13, inciso II, ficou estabelecido que os empreendimentos em fontes eólica, térmicas a gás natural, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas teriam o ressarcimento calculado pela diferença entre o valor econômico correspondente à tecnologia específica de cada fonte e o valor econômico correspondente à energia competitiva. Mais adiante, no inciso quarto, parágrafo

quarto, os recursos destinados a esses ressarcimentos foram limitados a no máximo 30% do recolhimento anual da CDE, e, ainda, condicionando o enquadramento dos projetos e contratos da verificação prévia de disponibilidade de recursos junto à Eletrobrás.

Essa mesma lei lançou as bases da universalização, cabendo à Aneel a definição dos prazos, as obrigações das concessionárias e a regulamentação necessária para atingir a total cobertura do território nacional com os serviços de energia elétrica. Com efeito, entre as atribuições da agência está a de realizar a universalização do serviço público. Não resta dúvida quanto ao poder da Agência de buscar realizar a universalização, posto que tal ação tem o respaldo nos princípios constitucionais, nas leis que regulam o setor elétrico, nos princípios que regem a Administração Pública e o Direito Administrativo, e nos próprios contratos realizados com as concessionárias.

Assim, a resolução da universalização regulamentada o disposto nos Artigos 14 e 15 da Lei nº 10.438/2002, estabelecendo as condições gerais para a elaboração dos Planos de Universalização de Energia Elétrica, inclusive definindo os prazos para cada área de concessão. A análise da regulação do setor elétrico brasileiro demonstrou que apesar de audaz, a meta de universalizar o atendimento energético não foi acompanhada de um planejamento favorável à execução dessa tarefa. Somente com a Resolução nº 223 de 29 de abril de 2003, da Aneel, é que se esclareceu a fórmula para a universalização. Essa normatização veio para regulamentar a Lei nº 10.438/02 e estabeleceu as condições gerais para a elaboração do Plano de Universalização de Energia Elétrica, tornando às concessionárias responsáveis pelo planejamento do atendimento elétrico, e determinando o Governo Federal como a fonte dos recursos. Ao mesmo tempo foi definido que o prazo para a universalização não poderia ultrapassar o ano de 2015, e seria escalonado, conforme a Tabela-5.1, em função do índice de atendimento elétrico da região e da disponibilidade de recursos federais.

TABELA-5.1. RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE ATENDIMENTO ELÉTRICO E O TEMPO MÁXIMO PARA A UNIVERSALIZAÇÃO NA ÁREA DE CONCESSÃO.

Índice de Atendimento da Concessionária ou Permissionária	Ano Máximo para a Universalização na Área de Concessão ou Permissão.
$I_a > 99,50 \%$	2006
$98,00\% < I_a \leq 99,50\%$	2008
$96,00\% < I_a \leq 98,00\%$	2010
$80,00\% < I_a \leq 96,00\%$	2013
$I_a \leq 80,00 \%$	2015

Fonte: Resolução no 223 de 29 de abril de 2003, da Aneel.

Mesmo que o prazo fixado para o atendimento pleno fosse bastante longo para os municípios menos favorecidos, como Marechal Thaumaturgo, no Acre, o limite ainda poderia ser adiado com justificativas técnicas e financeiras apresentadas pela concessionária. Para o descumprimento da resolução de 2003 da Aneel, a pena fixada foi pequena. A concessionária que não atendesse no mínimo 50% dos municípios da sua área de concessão, dentro do prazo, passaria a ter um desconto na reposição tarifária de 0,90% do reajuste concedido. Entretanto, essa penalidade somente seria aplicada caso as justificativas da concessionária não fossem pertinentes. A Resolução nº 223, de 29 de abril de 2003, também determinou a impossibilidade do ônus ser repassado ao consumidor, porém não especificou a origem da fonte de financiamento.

Então, face aos custos da universalização, é necessário questionar: como manter o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos, e, ao mesmo tempo, assegurar a prestação adequada dos serviços com regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia, e modicidade nas tarifas? Portanto, tais são os elementos da equação que o Poder Público deve montar.

Sobre o fornecimento de energia elétrica para as comunidades isoladas da Amazônia, surgiu em 20 de setembro de 2004, a Resolução Normativa nº 83, da Aneel, relativa ao fornecimento por intermédio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (Sigfi), que deveria estabelecer critérios de atendimento elétrico condizentes com a Região. Contudo, ainda não está claro a efetividade dessa resolução quanto aos requerimentos exigidos para satisfazer aos consumidores do interior rural da Amazônia. A obrigatoriedade do fornecimento em 127 volts e em corrente alternada significa, na maioria dos casos, a inclusão de um inversor no circuito, que aumenta desnecessariamente a possibilidade de falha do sistema. A previsão de uma Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) mensal de 9 dias e anual de 27 dias, na grande maioria das comunidades isoladas, pode representar uma definição impossível de ser praticada, principalmente, em determinados períodos do ano. Por outro lado, as minirredes isoladas e alimentadas por geração distribuída continuaram sem uma legislação específica.

PROGRAMA LUZ PARA TODOS

O “Programa Luz” para Todos é a mais recente iniciativa do Governo Federal para implementar o atendimento elétrico universalizado. Foi criado

pelo Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003, e na sua última versão, de 25 de abril de 2008, se propôs a antecipar as metas de universalização das concessionárias até o ano de 2010, para a parcela da população do meio rural ainda não atendida. Esse programa é coordenado pelo Ministério das Minas e Energia e operacionalizado financeiramente pela Eletrobrás e executado pelas concessionárias de distribuição. Sua meta é propiciar, até o ano de 2010, o atendimento em energia elétrica à parcela da população do meio rural brasileiro, que, ainda, não tem acesso a esse serviço público, sem que sobre a mesma incidam quaisquer custos.

Aqui, deve-se voltar ao ponto acima tocado citando que a universalização não pode ser levada avante sem que estejam asseguradas as condições para que o órgão regulador use do seu atributo de disciplinar o modo e a forma de prestação do serviço, de acordo com as normas de natureza regulamentar que, também, conformam o contrato de concessão. É nesse ponto que devem ser levantadas as questões das condições de atendimento do serviço para as áreas isoladas. Ou seja, as regras atuais concernentes à prestação do serviço adequado são passíveis de serem estendidas para os consumidores dessas áreas? Os custos associados a essa prestação poderão ser suportados pelos consumidores da área de concessão?

Em relação à primeira questão, o PLpT aportou às Concessionárias recursos a fundo perdido, até um limite de 75% do valor do investimento. Esses recursos são em sua maior parte oriundos de fundos do setor elétrico, tais como a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e a Reserva Global de Reversão (RGR).

Orçado em cerca de R\$ 7 bilhões, o PLpT tem como maior fonte de recursos dois encargos setoriais destinados ao governo federal: a Conta de Desenvolvimento Energético e a Reserva Global de Reversão que, juntos, responderão por R\$ 5,3 bilhões do investimento total. Os R\$ 1,7 bilhão restantes devem ser partilhados pelos governos estaduais e pelas empresas distribuidoras. No início a estimativa do MME foi de beneficiar mais de 12 milhões de pessoas até 2008. Atualmente, este número foi reestimado em 15 milhões de habitantes sem acesso a energia elétrica.

O PLpT promoveu algumas alterações na legislação, de forma a permitir que a energia fosse um veículo de crescimento econômico. Entretanto, sabe-se que a expectativa de reparar desigualdade regional fornecendo energia elétrica para os mais

pobres, e possibilitando condições mínimas de conforto, significa, em primeiro lugar, a inclusão social desses brasileiros menos favorecidos.

O potencial do Programa pode ser notado em diversas dimensões. Primeiro, a obrigação do estado em resgatar e proteger direitos sociais não mais se confunde com o *clientelismo*, próprio das elites políticas, que condena os beneficiados a depender de forma precária das benesses do estado. Segundo, a inegável capacidade do Programa de redistribuir renda em favor dos beneficiados, não apenas como alocação direta do recurso público, mas também no sentido do desenvolvimento socioeconômico local, notadamente a partir das ações integradas de eletrificação, que passaram ser viáveis a partir da utilização de recursos energéticos locais para a geração de energia distribuída.

A Lei nº 10.762/2003 e o Decreto acima mencionado traduzem, efetivamente, uma maior participação do Poder Executivo nas definições das prioridades concernentes à universalização, principalmente no que se refere à alocação dos recursos e às estratégias de capitalização política quanto ao benefício da universalização a amplas parcelas da população excluídas até então do serviço. A participação direta do MME na coordenação das diversas instâncias criadas pelo referido Decreto, tais como: a Comissão Nacional de Universalização, Comitê Gestor Nacional de Universalização (CGNU); os Coordenadores Regionais da Universalização e o Comitê Gestores Estaduais de Universalização (CGEU), mostra o grau de interesse do Poder Executivo na implantação do PLpT.

O Decreto nº 4.873 estabeleceu, no seu Artigo 6º, que a eletrificação poderá ser feita por meio da extensão de rede convencional ou por sistemas de geração descentralizada. Contudo, não houve definição sobre a escolha de sistemas alternativos de atendimento. Igualmente, ele deixou de explicitar como nos sistemas isolados seriam aplicadas as normas referentes às condições gerais de fornecimento de energia elétrica, inclusive aquelas relativas à continuidade do serviço, que estão especificadas na Resolução nº 456, de 29 de novembro de 2000, e na Resolução nº 24, de 27 de janeiro de 2000, da Aneel, ambas para redes convencionais.

Mesmo com o PLpT a universalização do atendimento de energia elétrica continua sendo um grande desafio do setor elétrico, não somente quanto aos recursos disponíveis, mas também com relação às instituições, representadas pelas

concessionárias, permissionárias, cooperativas de eletrificação rural, órgão regulador, legislação e outros aparatos, que receberam a missão para ser cumprida em 5 anos. Trata-se de retirar da indigência econômica, obra de cinco séculos, uma população estimada em mais de 15 milhões de pessoas somente na zona rural. Isso significa que além de energia, a universalização deverá estimular meios para o desenvolvimento sustentável, inclusive para assegurar a sustentabilidade do fornecimento de energia.

MINIRREDES E O CONCEITO DE SERVIÇO ADEQUADO

A esta altura, cabe ponderar que a injeção de recursos públicos para antecipar as metas de universalização, assim como o tempo dado para concluir tal tarefa, não serão suficientes para a eletrificação efetiva das áreas mais isoladas do país, principalmente na Amazônia. Isso se deve ao fato das mudanças de paradigmas para a prestação do serviço público nessas condições perpassam tanto a área regulatória/institucional, como, também, a área técnica.

Assim, não sendo possível a extensão da rede elétrica convencional, seja pelos custos proibitivos, seja por impeditivos ambientais, a alternativa para o atendimento dessas comunidades poderá ser a implantação de minirredes com geração descentralizada de energia elétrica. Essa alternativa apresenta 4 dificuldades fundamentais, a saber: *i*) o custo desse atendimento não poderá ser suportado pela tarifa na sua área de concessão; *ii*) a forma desse atendimento escapa aos procedimentos habituais adotados pelo concessionário para prestar o serviço de energia elétrica via rede convencional, o que o obrigará a incorrer em novos custos administrativos e operacionais, além do custo do aprendizado; *iii*) dada à dimensão de uma minirrede é difícil separar a geração e a transmissão da distribuição, sendo essa última o objeto próprio da concessão; *iv*) as regras contidas no arcabouço regulatório atual são impraticáveis para esse tipo de atendimento.

Por outro lado, essa solução técnica vai ao encontro da descentralização do atendimento das regiões isoladas por meio da utilização de outros agentes autorizados, tais como Produtores Independentes de Energia e Autoprodutores. Ademais, a prestação do serviço nessas condições deverá ser flexibilizada, também, no que se refere à sua adequabilidade. Nesse caso, o serviço

adequado, embora pautado pelos princípios irrevogáveis do Direito Administrativo, deverá ser adaptado às necessidades das populações que dele usufruirá. Portanto, não caberão as determinações atuais sobre manutenção da qualidade deles, as quais foram elaboradas para os usuários do sistema interligado.

A DIFÍCIL UNIVERSALIZAÇÃO DA AMAZÔNIA

A análise da legislação brasileira deixa claro que a inclusão elétrica da Amazônia nunca foi o alvo das políticas de universalização. Foram igualmente desprezadas a fragilidade do ecossistema e o modo de vida das populações locais, que requebrem a utilização de alternativas energéticas específicas. Outro item relegado a um segundo plano foi a importância de um levantamento ambiental e socioeconômico capaz de dar sustentabilidade ao desenvolvimento da região. Enfim, não foi considerada a necessidade de um planejamento energético sustentável que conciliasse o desenvolvimento com a conservação ambiental.

Um verdadeiro avanço na direção da Amazônia, somente virá quando alguns aspectos forem levados em consideração pelos poderes públicos. A adequação dos tempos de interrupção do fornecimento com a realidade local e a aprovação da extensão dos benefícios da CCC para cobrir custos de O&M com fontes renováveis de energia são alguns deles.

Caso, esses e outros progressos não sejam viabilizados, as resoluções que regulamentam a universalização continuarão encontrando grandes obstáculos para serem aplicadas. Como justificativa para as mudanças, cabe salientar que o custo social da exclusão deve preponderar sobre a simples análise de viabilidade econômica. Isso porque o preço da pobreza, advindo da subnutrição, do êxodo rural, e das doenças devidas às precárias condições sanitárias, pesa sobre os brasileiros em proporção maior do que os programas de inclusão social por meio da eletrificação de áreas rurais. Enquanto essa mudança não chega, o custo da exclusão continuará sendo socialmente distribuído. Assim, o usual é comparar, de modo simplista, os custos da eletrificação nas comunidades isoladas com os custos de eletrificação nas periferias, sem incluir as despesas resultantes da formação das novas periferias urbanas.

Desse modo, o que se entende por universalização elétrica é propiciar condições de igualdade

de acesso à energia para o desenvolvimento de todas as comunidades, sejam elas de periferias urbanas ou imersas na floresta. Assim, a introdução da energia elétrica significará a possibilidade de que estas populações se sintam estimuladas a investir na extração e beneficiamento de produtos da floresta, a fim de que, a floresta em pé represente além do seu valor de reserva, para as gerações futuras, também um valor de uso com a obtenção de renda para quem nela vive. Então, a partir dessa nova ótica passaria a ocorrer a mudança de paradigma com a viabilização da vantagem de investir na melhoria da qualidade de vida do meio rural, em vez de se ficar amenizando os danos da exclusão social no meio urbano.

Por outro lado, conforme foi aqui demonstrado, a viabilidade econômica referenciada nas clássicas leis de mercado demonstra serem proibitivos os custos de implantação e operação de sistemas de eletrificação rural para as comunidades isoladas da Amazônia. No entanto, se analisados os benefícios de longo prazo, para todo o desenvolvimento social brasileiro, e referente ao atendimento elétrico dessas comunidades isoladas, conclui-se que este significa o mais vantajoso investimento social que poderá ser feito.

Destaca-se que por diversas razões a Amazônia é de fundamental importância para o futuro do País: como parte integrante do território nacional, com suas riquezas conhecidas e desconhecidas; por sua extensa e sensível área de fronteira; pela influência que reconhecidamente exerce como regulador do clima regional e global. Desse modo, é fundamental que o Estado brasileiro comece a considerá-la como, de fato, estratégica e o povo que nela vive como verdadeiros pioneiros que precisam urgentemente contar com serviços públicos essenciais. Nesse sentido, os serviços de energia elétrica são cruciais para quaisquer outros serviços públicos, tais como educação e saúde.

Serviços públicos, não importa quem os execute, significam, em última instância, a manifestação expressa do interesse público. Assim, universalizar tais serviços nada mais é do que a afirmação da soberania e do reconhecimento dos amazônidas como verdadeiros cidadãos, plenamente merecedores de uma condição digna de existência. Significa, ainda, materializar os fundamentos da República do Brasil nas regiões mais longínquas do País.

Diante desse desafio, a proposta que se segue pode contribuir para a efetiva universalização dos serviços públicos de energia elétrica:

- flexibilizar as condições legais e institucionais de modo a permitir a entrada de novos agentes para prestarem, em nome do Estado, serviços de energia elétrica;
- flexibilizar as condições legais de atendimento, e definir o significado real de serviço adequado às realidades das comunidades isoladas da Amazônia;
- criar um fundo setorial ou adequar o fundo já existente de modo a torná-lo capaz de superar as condições adversas para o livre desenvolvimento de uma economia sustentável, e alcançar condições regionais de sustentabilidade face ao custo elevado da energia produzida;
- dar preferência à utilização de energias limpas e alternativas, que permitam o atendimento das comunidades isoladas com minirredes, e que possibilite não só a redução de impactos ambientais como também redução do custo unitário do atendimento, com a generalização do uso de novas tecnologias, principalmente aquelas que podem dispor de fontes locais de energia.

INDICAÇÃO DE PROJETOS ENERGÉTICOS DEMONSTRATIVOS PARA AS ÁREAS RURAIS DA AMAZÔNIA

A questão do Desenvolvimento Sustentável da Amazônia tem sido muito discutida com inúmeras sugestões apresentadas. Algumas foram adotadas pelos poderes públicos, porém, os altos índices de desmatamento, sempre ao redor de 20.000 km² por ano, vêm mostrando que as opções postas em prática ou não foram suficientes ou ainda não surtiram o efeito desejado. Em consequência, uma floresta antes densamente povoada de espécies de elevado valor econômico, está sendo rapidamente substituída por culturas de pouco retorno e de sustentabilidade muito precária.

OCUPAÇÃO E DINÂMICA ECONÔMICA DA AMAZÔNIA

Existe a tendência de se querer resolver o problema ambiental da Amazônia, pura e simplesmente, proibindo o desmatamento, como se isso fosse possível em uma região tão imensa, aonde inclusive uma parte do corte é legalizado, e a fiscalização efetiva quase impossível. Essa dinâmica de ocupação do solo tem vários componentes, entre os quais os pequenos agricultores, as grandes propriedades agrícolas e as madeireiras.

A expansão contínua da fronteira agrícola pelos pequenos agricultores, pelo processo de ocupação de áreas ainda virgens, ocorre por causa da demanda de novas terras férteis, após o esgotamento das que foram desmatadas dois ou três anos antes. Esse ciclo acontece devido às intensas chuvas que escoam sobre uma terra rica, porém de pouca espessura. O impacto desse ritual pode ser calculado considerando o avanço sobre a floresta de 1,5 hectares por família a cada ano. Uma média que multiplicada pelas 769.270 famílias das áreas rurais sem acesso a energia elétrica,

totaliza o elevado valor 11.539 km²/ano, e responde a cerca da metade do desmatamento anual da Região. Os outros pequenos agricultores já conectados a alguma rede de energia elétrica representam um número bem menor, ao redor de 100.000 famílias, que igualmente transformam cada uma mais 1,5 hectare de floresta por ano, ou outros 1.500 km²/ano. Além disso, as grandes propriedades dedicadas à pecuária ou a agricultura, com destaque para a soja, somam outra parcela significativa da destruição da floresta, porém o número varia de ano para ano dependendo do contexto econômico.

Tanto os pequenos como os grandes agricultores obtêm permissões que legalizam parte ou toda a expansão e, em seguida, negociam as espécies nobres com as madeireiras. Esse procedimento viabiliza a venda das plantas de elevado valor comercial e a obtenção do capital necessário à compra de sementes e à garantia da própria sobrevivência até a próxima colheita. Ao mesmo tempo, as madeireiras conseguem uma parte da sua matéria-prima, sem terem de arcar com a responsabilidade direta pelo ônus ambiental do desmatamento. Completando a sistemática, após o esvaziamento do conteúdo nobre da mata acontece a queimada, cuja observação dos restos calcinados mostra somente plantas sem valor comercial, que confirma o procedimento adotado. Portanto, por causa do avanço da fronteira agrícola, o impacto causado pelas madeireiras, atualmente, parece menor porque uma parte da sua matéria-prima vem do citado avanço da fronteira agrícola. A outra parcela, também significativa, depende a cada ano da conjuntura comercial.

A essa altura compete perguntar: o que se pode fazer para reverter esta situação lamentável? A

resposta não é simples, mas encontrar uma sistemática capaz de manter as populações ribeirinhas voltadas para o extrativismo, em vez da agropecuária, com certeza ajudaria a conservar o ambiente natural. Aliás, nos últimos 30 anos, essa idéia foi em parte sendo posta em prática com criação de reservas extrativistas, porém a ausência de melhoria da renda e da qualidade de vida das populações ali residentes vem pondo em dúvida a validade desse tipo de política de conservação. Pior ainda, sempre que alguma excelente farinha de mandioca artesanal é vendida nos países avançados, também deveria estar escrito na embalagem a quantidade proporcional de floresta que foi desmatada, tal como nas bebidas e nos cigarros.

De fato, o pouco valor comercial por causa da falta de beneficiamento dos produtos nativos impede o aumento do valor agregado, e somente o manejo florestal com a extração planejada, seletiva e limitada de madeira vem permitindo alguma melhora na renda, porém os resultados são insuficientes para garantir o sucesso do modelo. Por outro lado, a obtenção rápida de lucro nos campos de soja tem reforçado o sentimento da floresta representar um obstáculo ao desenvolvimento.

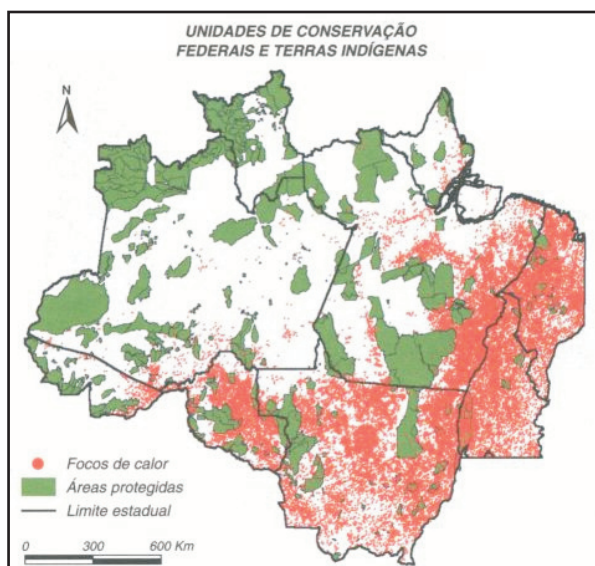


Figura-6.1. Menos fogo nas áreas protegidas.

Fonte: Arima, 2001.

Consolidaram-se, assim, as duas realidades encontradas na Amazônia, e que foram estudadas no capítulo primeiro. Por um lado, as áreas com predomínio de floresta, aonde a pobreza é mais intensa. De modo oposto, nas regiões com ênfase na agricultura e na pecuária surgiu uma aparente melhora da renda e da qualidade de vida. Aparente porque tal melhora está mais concentrada nas pequenas cidades, que vão brotando aqui e ali, para

O esforço para industrializar alguns produtos regionais no próprio local mostrou que o extrativismo pode gerar trabalho e renda, tanto no interior da floresta como no seu entorno. Para tal, foram realizadas pesquisas com tecnologias que agregam valor aos produtos por elas gerados. É bem verdade que exemplos como do couro vegetal e da eletricidade de origem solar fotovoltaica foram bem sucedidos, porém não ao ponto de reverter a pobreza e a ansiedade dos beneficiados pelo conforto e pelos bens de consumo do mundo moderno.

Embora com os problemas citados, as reservas extrativistas, e de um modo geral todas as áreas de conservação da natureza e as terras indígenas, resultaram em ganho ambiental efetivo, conforme a Figura-6.1, na qual se verifica a diminuição do desmatamento e do fogo no interior dos Parques Nacionais, Reservas Extrativistas e Biológicas, Áreas Indígenas, Florestas Nacionais, etc. Em consequência, com base no mapeamento de sítios relevantes para a conservação da biodiversidade, os quais estão indicados na Figura-6.2, passaram a surgir mais propostas de novos espaços de uso restrito que, entretanto, necessitam de alternativas econômicas positivas e efetivas.

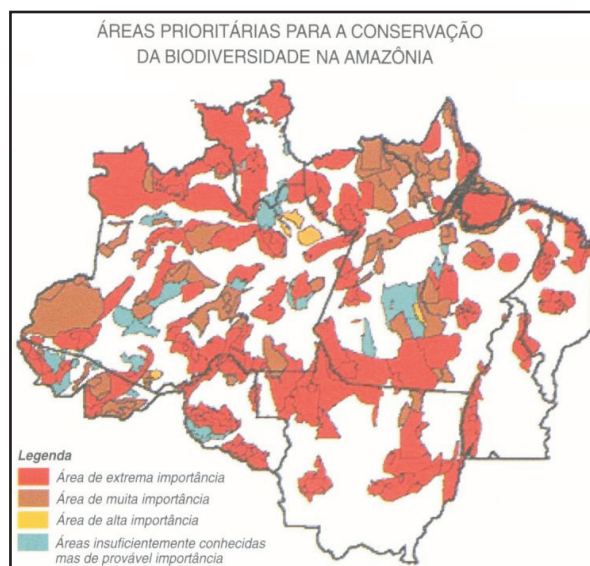


Figura-6.2. Aumento das áreas protegidas.

Fonte: Machado & Aguiar, 2001.

servir de entreposto comercial da produção. Uma realidade enganosa, porque o propalado “desenvolvimento” traz consigo os bolsões de miséria, o trabalho escravo, inclusive realizado por crianças, a prostituição e a criminalidade, que está na população ribeirinha desde o fim da figura do seringueiro. Ou seja, o “desenvolvimento” trazido com o desflorestamento é visto através das pequenas cidades com serviços de

saúde e educação, infra-estrutura de luz e água e o transporte sendo efetuado por rodovias.

De fato, nas áreas desmatadas, apenas para a minoria que detém o controle da política, da justiça, do comércio, da saúde, de parte das terras e da produção local, a vida ficou mais fácil, e principalmente mais opulenta, com casas boas, carros caros, empregados a serviço, e dinheiro para viajar e desfrutar do que é arrecadado localmente. Contudo, esse “desenvolvimento” é uma ilusão. Os serviços de saúde e de educação são de baixíssima qualidade, e somente atendem a uma minoria. A infra-estrutura de eletricidade é precária e o fornecimento de água tratada, além de incerto, fica restrito ao centro dos aglomerados urbanos. As rodovias são muito esburacadas, apresentando ramais de terra que ficam intransitáveis durante mais da metade do ano.

A concentração de renda e as más condições de vida nas áreas desmatadas podem ser explicadas a partir da migração e da substituição da cultura do seringalista, o qual explorava as pessoas com trabalho semi-escravo no interior da floresta. Ele desapareceu por causa dos processos de modernização e de socialização trazidos pelos meios de comunicação, e a conseqüente organização da sociedade contra a exploração das pessoas. Por outro lado, nas áreas dos Assentamentos, os novos recém-chegados, desorganizados, tornaram-se presas fáceis para o vale tudo da sobrevivência repetindo a Amazônia do século XIX e da primeira metade do século XX, quando a lei e a ordem, unicamente, estavam a serviço dos mais poderosos. Agora, no Arco do Desmatamento, a história da exploração do homem pelo homem começou novamente a ser escrita, porém, dessa vez, não mais praticando a extração sustentável dos produtos nativos, e sim devastando e substituindo o ambiente natural por culturas de menor rentabilidade, contudo de negociação mais fácil. Ou seja, nessas novas áreas, a evolução da sociedade ainda está para acontecer, no entanto o problema é que nelas não estão atuando os ambientalistas, os antropólogos, os cientistas, e, de um modo geral, as ONG's, cujas ações estão muito mais voltadas para os locais onde ainda existe a floresta.

As razões que motivaram o aparecimento das duas Amazônias podem ser visualizadas através do texto de Caruso & Caruso (2000) sobre os “Sulistas em Rondônia e a Teoria do Incêndio” em que descrevem:

Se o método de preparação da terra no Pará ou em Rondônia é praticamente o mesmo, isto é, a derubada e incêndio, os colonos são completamente

diferentes. O migrante nordestino, que vai ocupar o sul do Pará ou o norte do Tocantins e do Mato Grosso, é o mais antigo e talvez o mais experiente agricultor do Brasil. No entanto, quase sempre ele chega atropelado pelo latifúndio, apenas com a roupa do corpo, e na condição de ex-assalariado rural. Por isso, instalado precariamente na Amazônia, seu horizonte é quase sempre imperceptível e estrito a economia de subsistência. Já o colono sulista é diferente. Ele é um ex-pequeno proprietário excluído do campo por uma recente concentração de terra, possui aptidões técnicas e culturais modernas, tem uma relativa experiência urbana e, o que é mais importante, vem com um pequeno capital. É por esta razão que, enquanto o nordestino se transforma num posseiro, o sulista reproduz num território, até ontem despovoado, a estrutura social e de trabalho da origem, reinventando nos confins de Rondônia a pequena propriedade. Nessas condições, o migrante do Nordeste ocupa a terra para viver, ao passo que o gaúcho e o catarinense têm em mente o mercado e a acumulação de capital. (Caruso & Caruso, 2000:461)

Com enfoques semelhantes existem centenas ou bem melhor dizendo milhares de livros escritos sobre a Amazônia, dos quais podem ser citadas páginas e páginas de clássicos como Bates (1979), Tocantins (1988), Fearnside (1989), Hecht & Cockburn (1990), Cadma (1992), Park (1992), MMA (2001), etc. Em todos eles sobressai o aspecto das duas colonizações recentes da Amazônia, e de onde os autores deste Relatório atribuem o desmatamento citado de 1,5 ha por família-ano à parte dedicada à sobrevivência, e áreas muito maiores aos outros ocupantes voltados para o mercado.

Procurando expressar com mais profundidade a dinâmica da ocupação da Amazônia, vale a pena transcrever outro trecho de Caruso & Caruso (2000), da obra “A Valsa da Floresta que Não Dança”, na qual eles expressam:

A Amazônia não significa nada para quem apenas a vê. Longe da cultura e das pesquisas de laboratório, a vasta planície é apenas mais um enigma. Não diz nada. Por isso, para muitos, todo esse território infinito não passa de uma trivial e espessa cortina de verde repleta de água e mosquitos. Absurdo querer saber algo apenas vendo. Que paisagem ilumina nos finais de tarde aquela inquietação assassina? Que ritmos e que climas se insinuam no abismo dessa música? Labirinto cruelmente exposto ao sol e à chuva tempestuosa, esse mundo apenas se desvenda pela palavra dos seus íntimos: fugidia e dissimula-

da sabedoria do índio e do caboclo ribeirinhos, e a ciência. Longe desses olhares solidários, resta apenas a devastação dos burocratas e empresários paulistas que incendiam dez mil hectares por telefone, sem precisar ao menos afrouxar o nó da gravata. Em silêncio ou exposta ao olhar do estrangeiro que apenas passa, a Amazônia é só mais uma verde esfinge inerte. (Caruso & Caruso, 2000:95-96)

Essa dura realidade mostra que não é fácil modificar o caminho seguido desde Orellana em 1541 até a Amazônia do século XXI. Como mudar o sentimento daqueles que praticam a sobrevivência a partir do desmatamento? Mais difícil ainda, como alterar a visão daqueles que não moram na sua terra, e somente enxergam o lucro? Nesse sentido, é instrutivo citar dos mesmos autores, Caruso & Caruso (2000), a reflexão:

Afinal o que fazer? Como intervir no ritmo sensível das suas florestas, rios, calor e paisagens? Já se falou numa escola do pensamento amazônico, diversa em tudo daquela que se acostuma afirmar que o destino e o modelo da sua civilização estão no Sul, e que aqueles igarapés devem inevitavelmente desembocar em São Paulo e na Avenida Paulista. Obtusa imitação reles, fácil plágio automático, estéril colonialismo às avessas. Por que pensar uma concepção de desenvolvimento e de mudança somente desde a perspectiva da escada rolante de um shopping center da esquina da Avenida Ipiranga com a São João? No entanto na Amazônia o tempo tem o ritmo oleoso e lento das sombras dos grandes rios, as estradas submersas há milênios. Se isso não bastasse, o povo da maior floresta tropical da Terra ainda faz suas refeições sentado em cadeiras e mesas produzidas pelas indústrias moveleiras de Santa Catarina, a quatro mil quilômetros de distância. (Caruso & Caruso, 2000:96-97)

Cabe, então, ponderar que toda estratégia de preservação ambiental-artesanal que para ser bem aceita requer muito convencimento para os beneficiados ficarem felizes em continuar quase no mesmo estado anterior de pobreza, certamente, não terá efeito duradouro. É difícil pensar que um jovem de hoje vai aceitar como trabalho duradouro produção artesanal de couro vegetal, composta de uns poucos rituais simples e repetitivos, e ainda mais receber em retorno pelo esforço uma quantia muito limitada, em vez de, por exemplo, morar numa grande cidade, trabalhar como digitador de um centro de informática e ganhar um pouco melhor. Para os adultos, quase todos pouco ou nada alfabetizados, uma atividade organizada e simples como esta, com alguma melho-

ra da renda, pode ser satisfatoriamente aceita, mas para aqueles que estão crescendo e recebendo instrução, as aspirações ultrapassam de longe esse tipo de horizonte. Do mesmo modo, a energia fotovoltaica, cujo custo limita muito a capacidade disponibilizada, não satisfaz a todos de forma duradoura, e menos ainda as novas gerações.

Como se sabe, em todos existe o ponto comum de desejarem aumentar o poder aquisitivo e melhorar a qualidade de vida, mas uns e outros esgotarão as riquezas naturais, porém com consequências distintas. Os mais pobres continuarão sempre na mesma situação, ou terminarão por desistir e migrar para a periferia de alguma cidade. Aqueles com capital, ou aumentarão a área de suas terras para compensar a perda de produtividade, ou levarão o investimento para alguma alternativa mais rentável. Entretanto, nenhum deles alcançará a sustentabilidade, e, muito menos, verá suas pretensões realizadas com durabilidade.

Os artesanatos, feitos de pedras preciosas, de madeira, de látex, de capim, etc, até que podem alcançar um efeito positivo em algum local, mas não representam uma resposta de ampla envergadura. Aliás, muito tem sido feito nessa direção, porém os resultados irrisórios alcançados no longo prazo comprovam a ineficiência desse tipo de produção como gerador da riqueza suficiente e almejada pela população rural da Amazônia.

FORMULAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Cabe agora perguntar: quais as mudanças que poderiam levar a uma nova realidade, onde a natureza não seja mais devastada e todos estejam satisfeitos? A resposta parece evidente, indicando que a reversão acontecerá quando existirem soluções capazes de aumentar a renda de todos sem que seja necessário alterar a cobertura vegetal.

Contudo, não adianta pensar que apenas a promoção de ações comunitárias levará a algum resultado efetivo. Para superar a lei do “vale tudo pelo lucro”, não basta reduzir a miséria e fornecer algum subsídio aqui ou ali, é imperativo dar condições para construir uma vida digna. Uma verdadeira revolução capaz de dirigir a produção para tarefas que gerem renda a partir da floresta exigirá investimentos vultosos. Uma proposta que disponibilize meios tecnológicos, e seja capaz de agregar efetivamente valor aos produtos nativos e renováveis da floresta. Muito mais tecnologia e treinamento do que viagens, reuniões,

curiosos, etc, cujos efeitos são irrisórios em face da grande diferença entre o valor do que pode ser produzido e a dimensão de uma renda suficiente para atender aos ensejos da população.

Então, a primeira questão a ser respondida é: de fato, até que ponto o restante do Brasil quer gastar recursos públicos para manter a floresta amazônica, se é muito mais fácil deixar que ali aconteça a cópia do desaparecimento da Mata Atlântica? Cabe lembrar que aquela mata plena de espécies foi substituída por pequenas propriedades na maioria pobres, e latifúndios dos quais muitos são improdutivos. Se o País, sem contrariar, assistiu a destruição da Floresta Atlântica, que, aliás, estava ao lado das áreas mais habitadas, como pensar que agora, para a distante e pouco povoada Amazônia, a atitude será outra? Se depender unicamente do esforço nacional, certamente a resposta será negativa, porque para os escassos recursos públicos as prioridades são muitas, e, com certeza, voltadas para os locais onde está situada a maioria dos habitantes.

Saindo da esfera pura e simples nacional, as preocupações adquirem uma ordem diferente. Existe a apreensão com o meio ambiente, principalmente por causa do aquecimento global, que vem afetando bastante alguns aspectos da vida de muitas nações. Ao mesmo tempo, nos últimos anos a biodiversidade tem adquirido uma grande importância estratégica como geradora de renda a partir de novos alimentos e medicamentos.

A influência da destruição da floresta amazônica no aquecimento global da atmosfera é relativa. Sua queima total emite uma quantidade significativa de CO₂, mas será de uma única vez, e algumas culturas perenes que ocuparão parte da mesma área absorverão uma parcela do que foi liberado. A destruição da floresta altera a circulação geral da atmosfera que, por sua vez, reduz as chuvas no sudeste e sul do Brasil. Um hectare de floresta nativa produz 1.000 litros de óleo vegetal por ano, porém o plantio de dendê (*Elaeis guineensis*) na mesma área oferece um potencial oleaginoso de 35 vezes superiores, sendo uma substituição energeticamente vantajosa. Por outro lado, a contribuição anual da pecuária para o aumento do efeito estufa é significativa. Em suma, o desflorestamento da Amazônia afeta tanto o clima regional como intensifica o aquecimento global.

Para a biodiversidade a situação é mais aguda, com a Amazônia representando um reservatório estratégico de extraordinária importância, principalmente para os países desenvolvidos detentores de alta tecnologia, que favorece o aproveitamento dessa

riqueza. A biodiversidade também é um fator essencial para a estabilidade das espécies nativas, as quais evoluem sem o risco das pragas que agridem as plantações. Ela, igualmente, põe à disposição inúmeras concentrações de espécies, como, por exemplo, as oleaginosas, que ao serem racionalmente exploradas fornecem em abundância matéria-prima renovável e sem os custos dos cultivos. Portanto, a biodiversidade tem o potencial de atrair os doadores internacionais, e, mesmo, de sensibilizar o poder público nacional.

Resta aproveitar a atenção e simpatia, tanto nacional como internacional, contra o desmatamento, e abrir caminho para os recursos e as transformações imprescindíveis ao seu desenvolvimento sustentável e durável da Amazônia. Para que isso seja concretizado, tem de haver uma proposta capaz de efetivamente implantar um novo modelo econômico que leve a Região ao desenvolvimento sustentável e durável.

Essas propostas, para serem realistas e factíveis, deverão ser respaldadas na produção de bens, cujo mercado exista normalmente, e os produtos sejam consumidos em toda parte e em grande escala. Caso as opções extrativistas sejam direcionadas para energia, alimentos e movelaria, o êxito pode estar mais fácil de ser alcançado, pois esses tipos de bens têm garantia permanente de mercado consumidor desde que produzidos com qualidade e a preços competitivos. Recorda-se, então, que eles são gratuitamente disponibilizados pela floresta, bastando coletar, beneficiar, embalar e transportar, para gerar a almejada renda.

A formação de aglomerados produtivos dedicados à exploração sustentável da biomassa nativa, com adensamento de empresas principais e correlatas, voltados para a oferta de bens renováveis da floresta e relacionados a uma região geográfica, deve facilitar a implantação das novas atividades e propiciar melhores condições de competitividade para todos os seus participantes. Esses *clusters* produtivos terão a capacidade de disseminar a coleta e o beneficiamento primário, ou pré-beneficiamento, em pequenas indústrias distribuídas no interior da floresta, e, desse modo, manter um processo contínuo de aquecimento econômico.

Assim procedendo, as regiões e localidades poderão se envolver na produção de bens com certo grau de particularidade. A diversidade biológica existente propiciará as condições efetivas para que não haja limites à oferta de produtos e serviços do ecossistema, sempre obedecendo aos critérios da sustentabilidade. Nesse contexto, a competitividade

ocorrerá de forma a fortalecer a cooperação no interior das comunidades.

Quanto mais regiões e localidades forem envolvidas na produção de bens oriundos do ecossistema, maiores serão as chances de transformação produtiva, impulsionada pela demanda dos próprios consumidores. A organização social em torno de novas atividades produtivas não só desenvolve uma nova cultura de trabalho coletivo, como abre caminho para a organização de cooperativas de produção de energia da biomassa local, gerando renda e reduzindo o desmatamento.

Não se deve forçar a adaptação de espécies em áreas em que não incidem, ou ocorrem em baixas concentrações. Como exemplo do fracasso desse tipo de ação, cita-se o plantio do cacau, que embora nativo da Amazônia, quando foi disseminado em Rondônia, não resistiu às pragas e sucumbiu como prática agrícola após um breve apogeu econômico. Por essa razão, Rodrigues (2004b) recomenda ser à indústria que deva chegar até a área de ocorrência da espécie florestal.

A grave deficiência de infra-estrutura na Região constitui um obstáculo para a dinamização da atividade econômica. Por essa razão, mesmo sendo insustentável, o atendimento elétrico com diesel pode constituir uma etapa inicial para o desenvolvimento regional, desde que o planejamento contemple o menor impacto ambiental possível, e esteja prevista a sua substituição no período de 3 a 5 anos.

No caso dos vilarejos isolados, pode-se assumir como estratégia econômica, que o atendimento de energia elétrica seja efetuado a partir da biomassa energética renovável, com uma significativa participação do óleo vegetal, que pode ser extraído de frutos de plantas oleaginosas nativas situadas no interior da floresta. Nesse caso, os resíduos de biomassa devem ser destinados para queima em turbina a vapor como forma de otimizar a dinâmica econômica local. Também podem ser adotadas outras fonte renováveis capazes de viabilizar a agregação de valor às atividades econômicas, como os aproveitamentos hidráulicos de pequena potência com pouco ou nenhum impacto sobre o meio ambiente.

A plantação de oleaginosas nas áreas degradadas vizinhas à floresta, ou o adensamento dessas plantas no interior da mata original, com o objetivo de comercializar o óleo vegetal e a energia elétrica, com certeza melhora a disponibilidade da matéria-prima. Entretanto, será essencial ter o cuidado da utilização de espécies nativas para não desequilibrar o ecossistema local. Destaca-se que o dendê (*Elaeis guineensis*), ou palma, não é nativo da Amazônia, e,

por essa razão, traz um alto risco de doenças e desequilibra o ecossistema. Entre os muitos estudos que devem ser realizados sobre o efeito da palma no meio ambiente nativo, pode ser citada a questão do impacto de seus frutos na cadeia alimentar da fauna, cujas consequências, se negativas, têm o potencial de exterminar uma ou mais espécies de determinada área.

Nas áreas já degradadas, como no Arco do Desmatamento, pode ser considerado o plantio do dendê, porém com bastante cautela para evitar que seus possíveis efeitos negativos não causem mais destruição ainda. O estudo e a melhoria da produtividade do dendê-do-Pará (*Elaeis melanococca*, *Corozo oleífera*; Kunt Bailey), que é nativo da Amazônia, ou foi importado a muito tempo da América Central, mas já está perfeitamente integrado ao ambiente, e certamente propiciará grandes vantagens ecológicas para a ocupação humana da Região.

Sobre a *Elaeis oleífera*, que também é muito conhecida como caiaué e reconhecida como uma palmeira tipicamente amazônica, vale a pena acrescentar algumas informações. Seu volumoso tronco atinge no máximo a altura de uma pessoa, facilitando enormemente a colheita. Ela, inclusive, tem sido cruzada com o dendê africano para redução de altura. Os frutos fornecem dois tipos de óleos. Da polpa da *Elaeis oleífera*, extrai-se um óleo avermelhado muito utilizado na culinária, e da amêndoa, um óleo branco que, refinado, pode ser aproveitado na fabricação de manteiga vegetal. Ressalta-se que ela contém radicais livres, muito apreciados nas indústrias alimentar e farmacêutica, os quais estão presentes em maior quantidade na caiaué do que na prima africana (Ooi *et alii*, 1981 e Rajnaidu, 1983).

Onde os consumidores estiverem conectados às redes elétricas de distribuição convencionais também pode ser aplicado o mesmo tipo de desenvolvimento baseado na biomassa sustentável, com a co-geração injetando o excedente no sistema de energia elétrica para gerar renda. Lembrando sempre de destinar o óleo vegetal de qualidade inferior para a geração de energia de unidades isoladas ou para o transporte terrestre e fluvial.

Em resumo, conforme foi indicado ao longo deste trabalho, o planejamento energético voltado para a melhoria da qualidade de vida e a conservação da natureza têm na biomassa nativa a fonte mais adequada para produzir renda e gerar eletricidade. Entretanto, embora toda a cadeia produtiva da floresta signifique um imenso potencial gerador de renda, no início, os bens mais promissores serão aqueles que já estão mais estudados e conhecidos. Nessa categoria se incluem

diversos óleos vegetais, inúmeros frutos, sementes, castanhas e nozes, algumas resinas e fibras, vários tipos de madeira e o látex das seringueiras. Então, a implantação de uma primeira estratégia econômica poderá focar somente a exploração de três ou quatro tipos de óleos vegetais e alguma madeira, e alcançar um esquema de desenvolvimento sustentável bem sucedido.

DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

A complexidade e a vastidão do ambiente amazônico têm feito fracassar a realização da quase totalidade das iniciativas públicas e privadas, entre as quais, algumas merecem ser citadas. A atividade econômica da borracha, que continua existindo há quase 100 anos somente graças ao aporte de subsídios Federais e Estaduais. As usinas de álcool da cana-de-açúcar que estão abandonadas no Acre e no Pará. A castanha-do-Pará beneficiada, que praticamente desapareceu do quadro exportador e do mercado nacional, mas continua sendo uma importante fonte de divisas na Bolívia, onde, aliás, parte da matéria-prima vem do Brasil. As hidrelétricas de grande porte, que foram construídas desprezando todas as considerações ambientais, cujos inúmeros problemas ainda servem de argumento para barrar a construção das novas usinas, tão necessárias para o atendimento da demanda energética nacional. A desastrosa usina de Balbina, que em breve será desligada por estar afogada na lama. A instalação de 9.000 sistemas fotovoltaicos pelo Prodeem na década de 90, que em menos de 10 anos apresentava 7.000 unidades sucateadas por diversos fatores, entre eles, falta de treinamento dos usuários, equipamentos não tropicalizados, etc. A Zona Franca de Manaus, que após um crescimento extraordinário, hoje está limitada a figura de mais um parque industrial, e tem sua influência limitada a cidade de Manaus. As rodovias sem terminar, como a Transamazônica ou Perimetral Norte. A ferrovia Madeira-Mamoré que quando entrou em funcionamento não tinha mais o que transportar. Enfim, uma lista capaz de encher páginas e páginas citando o desperdício do esforço privado e do dinheiro público.

Todas essas experiências negativas poderiam ter sido evitadas caso o planejamento tivesse considerado em primeiro lugar o conhecimento do contexto geográfico da região. Essa afirmação é ainda mais rigorosa no caso do Planejamento Energético voltado para o Desenvolvimento Sustentável na Região.

Nesse sentido, o primeiro passo na elaboração do aqui desejado Planejamento Energético deve efetuar o respectivo levantamento da área. Como as distâncias

são enormes, com a população e os recursos naturais esparsamente distribuídos sobre o território, os levantamentos tradicionais são muito onerosos e desnecessários. Além disso, quando são realizados por técnicos sem conhecimento e sem vivência na região apresentam resultados que pouco expressam a realidade local.

Para otimizar a elaboração do Planejamento Energético, o Projeto Equinócio da Universidade de Brasília desenvolveu uma metodologia para efetuar o diagnóstico social, econômico e ambiental de uma determinada área de modo rápido e com baixo custo (Di Lascio, 2005a e 2005b). O trabalho inicia com a análise de imagens de satélite e demais informações existentes sobre a área em questão. Em seguida, é efetuado o georreferenciamento preliminar das informações disponíveis. O contato com o campo tem como primeira etapa a realização de sobrevôos a baixa altura para fotografia e filmagem georreferenciadas. Após identificar onde estão situadas as comunidades e demais pontos de interesse, são realizadas incursões fluviais para fotografia, filmagem e entrevistas socioeconômicas, também georreferenciadas. De volta ao escritório, as novas informações obtidas no campo são introduzidas no Banco de Dados Georreferenciado, e se consolida o georreferenciamento da área, identificando as comunidades isoladas e demais particularidades do terreno. Com base nas informações é estabelecido o planejamento da intervenção desejada, inclusive com a elaboração de projetos detalhados. Finalmente, é concebido o plano de operação e manutenção dos novos sistemas e equipamentos.

FORMAÇÃO DO CONHECIMENTO DA AMAZÔNIA

Ao longo deste trabalho foram citados vários estudos que efetuaram levantamentos em diversos locais da Amazônia. O mais importante de todos resultou na elaboração do Planejamento da Regional do Juruá, situada no Acre, quando foram concebidos 180 projetos de geração diesel distribuída e minirrede. Outra realização importante representou o levantamento e o planejamento estratégico da área do rio Juruá entre Carauari e o limite com o Acre. A falta de outras informações sobre a área central da Planície Amazônica estimula sugerir que o mesmo tipo de trabalho adotado na Regional do Juruá, seja estendido para os rios Baixo Juruá, Solimões e Purus, conforme indicado na Figura-6.3. Como a área é muito grande, sugere-se que o estudo seja escalonado com uma primeira abordagem abrangendo quatro trechos, com 50 projetos em cada um, inclusive, para ser adotado como referencial de uma futura contratação do levantamento da área restante.

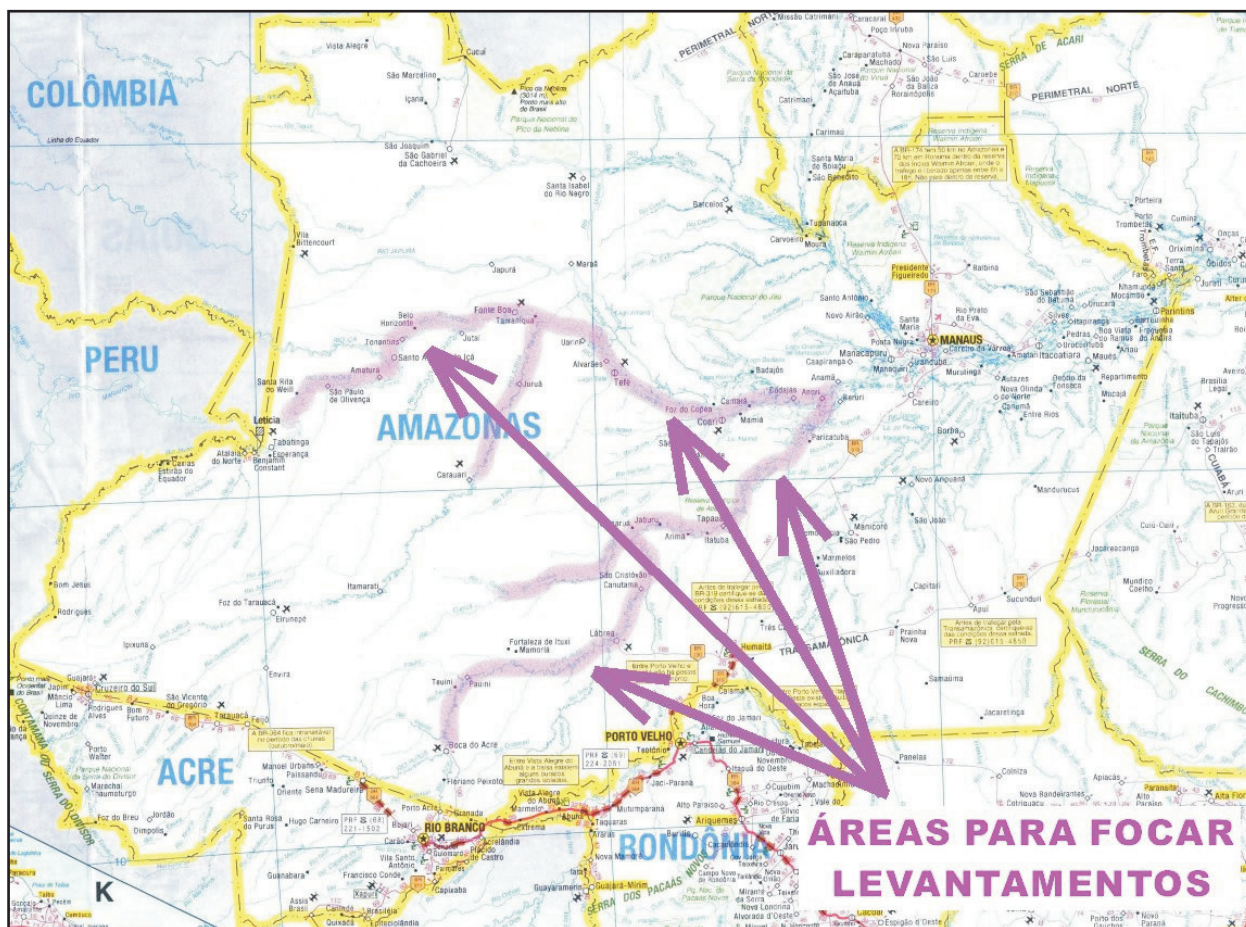


Figura-6.3. Trechos de rios com poucas informações sobre as populações isoladas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

PROJETOS DEMONSTRATIVOS INDICADOS

Com o objetivo de consolidar novas tecnologias e modelos de negócios capazes de promover um verdadeiro Desenvolvimento Sustentável na Amazônia, indica-se aqui a implantação e o acompanhamento de Projetos Especiais sobre fontes renováveis de energia destinadas ao atendimento de comunidades isoladas da Amazônia rural. Projetos Especiais são aqueles implantados por agentes do setor elétrico, concessionário, permissionário ou autorizado de distribuição, de preferência com a colaboração de profissionais experientes, normalmente dos quadros de instituições de pesquisa ou universidades brasileiras, haja vista que a cultura corporativa vigente nos agentes do setor elétrico, acima citados, está fortemente associada à extensão de rede elétrica convencional e sistemas isolados com térmicas alimentadas por combustível fóssil. Esse procedimento é essencial para evitar a repetição dos insucessos do passado, quando foram criados sistemas e procedimentos inadequados para a Região. Somente após a etapa intermediária acima proposta será possível elaborar com segurança um grande programa regional de eletrificação rural.

Várias pesquisas vêm sendo apoiadas pelo CT-Energ, incluindo algumas que acrescentam o financiamento do Fumin/BID, todas de importância estratégica relevante. Uma parte do presente trabalho foi dedicada a avaliar o desempenho do programa CT-Energ/MME/CNPq 03/2003, com base nos relatórios de acompanhamento do MME elaborados por Barreto (2006c,d; 2007a,c,f,g; 2008a,b) e Barreto *et alii* (2005), no qual ficou claro que alguns dos projetos já apresentavam resultados conclusivos animadores, tais como: O projeto nº 09 “Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares” do IEE/USP; projeto nº 06 Cachoeira do Aruã - Um Modelo Energético Sustentável envolvendo Organizações de Base Comunitária, da Unifei; projeto nº 1 “Revitalização do Sistema Híbrido Fotovoltaico - Eólico - Diesel da Comunidade de Tamaruteua, Município de Marapanim/PA” do Gedae/UFPA; projeto nº 2 “Produção Sustentável de Biodiesel a partir de Oleaginosas da Amazônia em Comunidades Isoladas da Reserva Extrativista do Médio Juruá” da UFAM; projeto nº 11 “Geração de energia a partir de oleaginosas da Amazônia” do IME; projeto nº 16 “Implantação de uma unidade de geração de energia elétrica a partir

da queima de biomassa acoplada a uma usina de extração de óleo vegetal, fábrica de gelo e câmara frigorífica numa comunidade isolada na ilha do Marajó” do EBMA/UFPA; e projeto nº 8 “Energia renovável para a reserva do Maracá”. Além desses, mais dois projetos com boas possibilidades de sucesso: o projeto nº 17 “Implementação de uma Central Termelétrica de 200 kW a partir do aproveitamento de Resíduos de Madeira sustentável, dentro de uma reserva extrativista estadual localizada na Região Norte do País” do IEE-USP e o projeto nº 12 “Gestão Energética Para o Desenvolvimento Sustentável - Centro de Pesquisas Canguçu” da Fundação Universidade Federal do Tocantins.

Trata-se agora de consolidar as lições aprendidas com esses projetos, de maneira que sejam copiados todos os pontos positivos por eles apresentados. Afinal, a quantidade e qualidade de informações adquiridas pelos coordenadores que levaram adiante os projetos não podem ser desprezados. Devem ser estimuladas ações como os acordos de cooperação técnica da concessionária Celpa com a UFPA e o Ministério de Minas e Energia, que colocou técnicos para acompanhar dois dos projetos do CT-Energ, 2003, instalados na sua área de concessão: o projeto nº 16 e o projeto nº 1. O projeto nº 6 não foi desenvolvido em razão dos custos de deslocamento dos profissionais da Unifei para a Amazônia.

Existem várias outras pesquisas além das pertencentes ao programa acima citado, tanto do próprio CT-Energ, como de outras instituições, que também devem ser monitorados porque todas contêm informações relevantes sobre as possíveis soluções para a geração distribuída das comunidades isoladas da Amazônia rural. Nessa situação, encontram-se os projetos do Programa do Trópico Úmido do CNPq, os demais projetos de referência subsidiados pela Aneel entre 1999 e 2004, que incluem a energia fotovoltaica na Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto e a extração de óleo vegetal na Reserva Extrativista do Médio Juruá e, ainda, diversas outras pesquisas desenvolvidas pelas universidades da Região com apoio dos Fundos Setoriais, dos Governos Estaduais, etc.

Como forma de avançar no caminho da universalização do atendimento de energia elétrica para a região amazônica, sugere-se ampliar a aplicação das

propostas mais promissoras ora em estudo, estendendo a eletrificação para mais algumas áreas estrategicamente escolhidas. Um desses exemplos representa o Planejamento Energético da Regional do Juruá, do Acre, que foi elaborado no âmbito do “Programa Luz para Todos”, e integra a concepção do *cluster* produtivo baseado na produção de óleo vegetal e energia elétrica. Nesse caso, ao se considerar a retirada do gerador diesel de reserva dos sistemas com menos de vinte ligações, o investimento médio da eletrificação por moradia tem o seu valor reduzido para R\$ 14.400,00, e somará um total de R\$ 28.555.200,00, para os 180 vilarejos da Regional. A implantação do *cluster* de óleo vegetal e energia acarretará na construção de 14 centros de beneficiamento de frutos oleaginosos, ao custo unitário de R\$ 1.640.000,00, e duas unidades de transesterificação com laboratório por R\$ 960.000,00 cada uma, totalizando R\$ 24.880.000,00.

Embora o investimento proposto para a Regional do Juruá aparente ser elevado, cabe ressaltar que ele acarretará no aumento estimado da atividade econômica local em R\$ 2.874.144,00 por ano. Isso significa que em menos de 10 anos o valor aplicado na formação do *cluster* será transferido para a sociedade na forma de vínculo entre a atividade econômica e a conservação da natureza.

Ressalta-se que na quantia acima estão incluídos os inventários florestais, o treinamento dos moradores para trabalhar na coleta dos frutos e na extração do óleo vegetal, e, também, o acompanhamento dos sistemas durante três anos. As duas unidades de transesterificação devem ser destinadas uma para as sedes dos municípios de Porto Valter e Marechal Thaumaturgo, onde existe alguma infra-estrutura, e condições aceitáveis para moradia dos dois técnicos de nível superior que serão encarregados da O&M dessas instalações e dos laboratórios.

Resumindo, o Desenvolvimento Sustentável das 1.983 moradias dos 180 vilarejos da Regional do Juruá alcançará o total de R\$ 53.435.200,00, ou R\$ 26.946,65 por moradia. Um custo bastante razoável ao se considerar os mesmos habitantes, na média entre 4 a 6 em cada casa, passando a viver nas cidades, e consumindo serviços públicos de eletricidade, água, esgoto, segurança pública, asfaltamento de ruas, etc.

SUGESTÕES DE AÇÕES GOVERNAMENTAIS PARA O ATENDIMENTO ENERGÉTICO RURAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA

Em razão do quadro ambiental negativo apresentado pela Amazônia rural brasileira, é de se esperar que neste início de século XXI as atenções nacionais e internacionais aumentarão de intensidade. Em consequência, deverão crescer ainda mais as pressões sobre o Governo Nacional no sentido de tomar providências eficazes em favor de práticas ecológicas.

Considerando o quadro ambiental negativo que pesa sobre a Região, e a falta de um verdadeiro desenvolvimento sustentável, urge ao Governo tomar medidas corretivas. Essa questão foi aqui analisada a partir da ótica da universalização da energia elétrica, e indicou que o melhor caminho para alcançar a solução das duas problemáticas acima deve dar preferência ao uso da biomassa nativa não-madeira como fonte de energia. No entanto, por causa das características específicas da Amazônia, este direcionamento deve adquirir dois aspectos fundamentais:

1. Nos locais onde a maior parte do ambiente natural já foi degradada, como no Arco do Desmatamento, a universalização é facilitada pela existência de vias de comunicação terrestres, e, em princípio, deve ser realizada por meio da extensão de linhas de distribuição a partir de redes consolidadas; porém, para fins de conservação ambiental, é importante estimular o uso da biomassa energética tanto para gerar eletricidade como para atividades industriais ou no transporte de pessoas e mercadorias;
2. Nas áreas ainda com floresta, em que quase sempre a energia elétrica terá por origem alguma geração distribuída, recomenda-se usar preferencialmente a biomassa energética como fonte primária geradora de eletricidade, além de

também atender o beneficiamento da produção local e movimentar o transporte fluvial que se caracteriza por ser essencialmente fluvial.

Além disso, deve ser levada em conta a necessidade da existência de uma estratégia de comercialização dos óleos vegetais de melhor qualidade, que formam a parte mais significativa do retorno financeiro. Para isso, é essencial que os processos industriais e semi-industriais reúnam condições de qualidade capazes de atender o mercado nacional e internacional para garantir o escoamento da produção.

Desse modo, o desenvolvimento com conservação ambiental e melhoria da qualidade de vida será uma consequência do uso da biomassa nativa renovável a partir da coleta sustentável de frutos oleaginosos, que darão origem a uma série de produtos, desde os mais nobres, como os óleos vegetais, até os resíduos, cuja queima em caldeiras provém o complemento energético e econômico para completar a renda local. Nesse contexto, a distinção básica entre as áreas sem ou com floresta dominante representa a possibilidade da existência ou não da rede de energia elétrica suprida pelo sistema interligado, mas em ambos a biomassa atua como vetor de conservação ambiental. Mesmo assim, cabem as explicações e justificativas, que são dadas a seguir com o objetivo de resumir e consolidar o conteúdo deste trabalho.

ATENDIMENTO ENERGÉTICO NAS ÁREAS DEGRADADAS DA AMAZÔNIA RURAL

Conforme foi demonstrado, em quase todas as áreas já degradadas a eletricidade deverá ser servida pelo Sistema Interligado Nacional, o qual não oferece restrição energética para incluir novos consumidores

rurais, e o custo é menor do que nos sistemas isolados. Entretanto, a exploração comercial sustentável da biomassa não-madeireira pode incluir o uso de seus resíduos como fonte primária de energia elétrica para reduzir os custos da produção. Mesmo assim, o atendimento de eletricidade deve continuar a ser efetuado por meio da extensão das redes de distribuição, que eventualmente podem receber a contribuição energética de auto-produtores.

No caso de existirem remanescentes da floresta nativa, a exploração comercial sustentável da biomassa nativa não-madeireira tem a grande vantagem de valorizar o ambiente original e contribuir para sua conservação. Nos locais sem floresta se indica o plantio de espécies oleaginosas, preferencialmente nativas, para repovoar a natureza, e, ao mesmo tempo, aumentar a disponibilidade energética e melhorar a renda local.

A implantação de tal estratégia de desenvolvimento requererá a formação de técnicos especializados na coleta de frutos oleaginosos e na tecnologia da extração dos respectivos óleos vegetais. Outra aptidão exigida será a queima dos resíduos em caldeiras, cujo aproveitamento do calor residual para secar os frutos e os próprios resíduos aumentam o rendimento total do sistema.

De um modo geral, a implantação deste tipo de planejamento terá características semelhantes tanto nas áreas sem floresta como nos locais em que está preservada. No entanto, nas proximidades das cidades maiores as ações serão menos árduas que no interior longínquo da floresta, cujas dificuldades naturais são multiplicadas pela falta de apoio técnico e logístico.

SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA E AMBIENTAL ONDE PREVALECE A FLORESTA AMAZÔNICA

Na Planície Amazônica, em que predomina a floresta tropical úmida e em todos os locais que apresentam as mesmas características, existe a dificuldade de comunicação terrestre que isola os vilarejos, impede a extensão das redes de distribuição e obriga a existência de geração descentralizada. Nesses sítios em que a vegetação original está bastante preservada será essencial dar mais ênfase ao planejamento energético orientado para a conservação da natureza. A extração e o beneficiamento dos frutos oleaginosos originados na floresta nativa criarão um vínculo entre os moradores e a conservação da natureza a partir da geração de postos de trabalho e aumento da renda. O

aproveitamento dos resíduos, para produzir energia elétrica, é um fator essencial na direção de garantir a eficiência econômica do conjunto.

Como se tratam de comunidades isoladas, cuja dificuldade logística para o suprimento de combustível é notória, a estratégia aqui sugerida privilegia o uso do óleo vegetal de qualidade inferior para mover grupos geradores diesel. A opção pela tecnologia do uso do óleo vegetal, ou *in natura*, ou após ter sido transformado em biodiesel, dependerá da disponibilidade do equipamento adequado e da acessibilidade de cada local. Onde o transporte for muito problemático, certamente, a via *in natura* será a mais adequada, porque evita os deslocamentos de ida e volta até o local em que se processa a transformação para o biodiesel.

O óleo vegetal extraído em pequenas indústrias poderá ser vendido *in natura*, ou, após sofrer a devida transformação, ser comercializado na forma de biodiesel. Ao mesmo tempo, com o objetivo de maximizar o fluxo de caixa, será importante instalar junto ao beneficiamento uma co-geração, preferencialmente movida por caldeira e turbina a vapor, que além de suprir a própria indústria, também contribuirá para melhorar a eficiência econômica do conjunto com a venda da eletricidade excedente.

Embora, ao longo deste trabalho, tenha sido demonstrado que a implantação do planejamento acima sugerido é viável, várias questões relativas às ações governamentais intrínsecas ao processo precisam ser abordadas de modo mais detalhado. Cabe lembrar que a discussão sobre a montagem da estratégia de implantação da proposta foi realizada no capítulo anterior, e, portanto, não precisa ser aqui repetida.

CUIDADOS E RECOMENDAÇÕES A SEREM OBSERVADOS

A seguir estão alguns cuidados a serem observados no contexto da Política de Desenvolvimento Sustentável para a Amazônia rural aqui indicada. Ressalta-se que esta parte deve ser lida sempre considerando os pensamentos expressos nos capítulos anteriores.

A complexidade e a vastidão do ambiente amazônico obrigam que o conhecimento do seu contexto geográfico seja colocado em primeiro lugar, e incluído como elemento essencial no tratamento de qualquer política de planejamento voltada para a região. Além disso, os planejamentos devem obriga-

toriamamente ser realizados nos estados onde as ações serão aplicadas para evitar erros efetuados no passado devido ao total desconhecimento da realidade local.

Um primeiro passo para o Planejamento Energético de um Desenvolvimento Sustentável na Região deve buscar a identificação de práticas tradicionais sustentáveis, que podem conduzir para auxiliar na concepção de uma estratégia econômica sustentável e durável. A percepção da destruição ambiental, pobreza e exclusão social causadas recentemente também ajuda na avaliação dos métodos que devem ser evitados.

Fugir sempre das soluções simplistas e de baixo custo, que abordam a questão de modo limitado, e propõem soluções factíveis de provocar desequilíbrios, que irão agravar a exclusão social, o êxodo rural e o desmatamento. Essas práticas são confirmadas quando se verifica que poucos interessados estão tratando do assunto, entre eles a maioria aprendendo na falta de conhecimento prévio e conseqüentemente improvisando.

Associar atividades produtivas ao “Programa Luz para Todos” ou mesmo priorizar obras em comunidades, cuja demanda produtiva está em conformidade com o Decreto que o criou. Simultaneamente, criar as condições para o uso produtivo da energia, o que também exige programas dos governos, federal e estadual. E lembrar que isso ocorre em um ritmo mais lento do que o processo de eletrificação.

A identificação das cadeias produtivas adequadas à região e com potencial para reverter o quadro atual de pouca geração de renda e de postos de trabalho é objetivo para ser alcançado por outros programas de governo, que de preferência devem ser implantados conjuntamente com a universalização dos serviços de energia. Mesmo porque a arrecadação correspondente ao valor do serviço de energia tem relação direta com a sustentabilidade econômica dos novos sistemas.

O desenvolvimento com base na biomassa energética renovável, promovendo o beneficiamento de frutos oleaginosos para aumentar a renda local, deve ser objetivo de programas governamentais de desenvolvimento local. A idéia de *clusters* produtivos pode nortear a estratégia de programas de desenvolvimento sustentável locais.

Outro alerta importante está relacionado com a pouca atividade econômica rural existente na atualidade, que ocasiona uma baixa demanda energética, a qual, mesmo após a chegada da eletricidade, não será suficiente para absorver a capacidade dispo-

nibilizada pelos novos sistemas de geração. Somente quando a demanda da produção aumentar bastante é que eles passarão ser realmente solicitados. Desse momento em diante é que a renda gerada pelo consumo terá a capacidade de cobrir a maior parte dos custos de O&M.

Para não deixar tudo a cargo dos poderes públicos, uma opção é somente fornecer os recursos financeiros e deixar que a iniciativa privada encontre sozinha às soluções. Entretanto, para alcançar respostas equilibradas em todos os aspectos, a presença do Estado durante as primeiras fases é essencial, mesmo porque se tratam de populações com baixíssimo índice de escolaridade e, portanto, muito necessitadas de treinamento e acompanhamento. Inclusive, esse tipo de cuidado indica a formulação de projetos bem direcionados e bem monitorados, cujas informações obtidas terão qualidade suficiente para servir como parâmetro à replicação da idéia.

Chama-se a atenção que somente dispor de recursos financeiros não será suficiente para romper a inércia existente, e implantar esta nova política de desenvolvimento com a meta de alterar significativamente tudo que vem sendo pregado e praticado, nos últimos trinta anos, na Amazônia, no âmbito da ocupação e da exploração do solo. Pode-se prever que as resistências serão muitas, e todos reconhecem como o sucesso é difícil para qualquer novo empreendimento que se deseja por em prática na Região. Ainda mais quando se considera que em vez de plantar mandioca ou tomar conta do gado, as novas sistemáticas vão introduzir práticas com conteúdo tecnológico, inclusive algumas bastante sofisticadas, para serem absorvidas por uma população, que em sua grande maioria não concluiu a primeira fase do primeiro grau.

A questão não está somente na quantidade de recursos que terá de ser gasta nos primeiros anos, mas, também, quando as novas sistemáticas ligadas ao aproveitamento da biomassa renovável serão capazes de caminhar de forma autônoma. Existe o risco bem real de essas técnicas fracassarem por causa do longo período de maturação até o funcionamento integral das atividades produtivas, que pode levar ao desinteresse das pessoas antes da renda alcançar um nível considerado satisfatório. Essa demora pode ser exemplificada através do Projeto de Óleos Vegetais, implantado Roque, na Remj, o qual teve início em 1998 e, ainda hoje, necessita, de orientação e apoio. Mesmo assim, o acréscimo substancial já alcançado na renda está, não somente, motivando os participantes da cooperativa ali implantada, como fez sur-

gir nas áreas vizinhas o desejo de possuir um sistema semelhante.

Vale a pena ponderar que as dificuldades serão sempre maiores nos primeiros sistemas que comporão os *clusters*, os quais, em seguida, servirão de modelo para replicar a idéia. Eles também serão úteis como locais adequados para o treinamento dos novos usuários.

Por fim, recomenda-se evitar dar início a eletrificação de uma área a partir de sistemas fotovoltaicos domiciliares, que não agregam valor à produção local

e, por essa razão, perpetuam o desmatamento e o êxodo rural (Melo, 2005). Somente quando a dispersão dos domicílios for muito grande é que pode ser praticada a eletrificação fotovoltaica individual, uma vez que será mais difícil equacionar a tecnologia da oferta de energia com a baixa concentração de demanda. Por outro lado, a extensão de rede de energia elétrica até onde for viável, ou a implantação de geração distribuída e minirrede, podem atrair alguns dos moradores muito isolados, e, assim, reduzir o número de sistemas fotovoltaicos domiciliares, e, conseqüentemente, minimizar os custos de operação e manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aggarwal, J.S.; Chowdhury, D.H.; Mukherji, S.N. & Verman, L.C. (1952) "Vegetable Oils as Lubricants". *Indian Ind. Research Bull.* nº 19.
- Albuquerque, João Honorato (2002). "O Instituto Jurídico da Permissão no Serviço Público de Energia Elétrica". In: Correia, J. et alii. *A Universalização dos Serviços de Energia Elétrica. Aspectos Jurídicos, Tecnológicos e Socioeconômicos*. Salvador, BA. Editora Unifacs.
- Alderucci, V.; Giordano, A.; Iovino, A.; Giordano, N. & Philips, V.D. (1993) "Potential Biomass Resources of Sicily for Electric-Power Generation". *Applied Energy*. Vol. 45, nº 3. pp. 219-240.
- Allegretti, Mary H., (1994) "Reservas Extrativistas: Parâmetros para uma Política de Desenvolvimento Sustentável na Amazônia". In: *O Destino da Floresta: Reservas Extrativistas e Desenvolvimento Sustentável na Amazônia*. Rio de Janeiro, RJ. Ed: Relume Dumará. Fundação Konrad Adenauer. 276 páginas.
- Almeida, Mauro, W. B. & Menezes, Assis M., (1994) "Acre - Reserva Extrativista do Alto Juruá". In: *O Destino da Floresta: Reservas Extrativistas e Desenvolvimento Sustentável na Amazônia*. Rio de Janeiro, RJ. Ed: Relume Dumará. Fund. Konrad Adenauer. pp. 165-226.
- Amorim José C. (2004) "Panorama das Micro e Pequenas Hidrelétricas para Geração Descentralizada". Brasília, DF. *Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAECX'2004*. 03, 04, 17 e 18/06/2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 6 pgs.
- Aneel (2001) *Manual do Empreendedor de Energia Elétrica*. Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).
- Apolinário, Sandra M. (2006) "Nacionalização da Tecnologia de Gaseificação de Biomassa e Formação de Recursos Humanos na Região Norte – Gaseibras". Brasília, DF. 24-26 de maio. Apresentação efetuada durante o *Primeiro Seminário de Monitoramento dos Projetos Pilotos com Energias Renováveis para Atendimento de Comunidades Isoladas*. Programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003. Ministério de Minas e Energia.
- Aquino, Luiz C.S. (2000) "Relatório Síntese: Óleos Vegetais para Geração de Energia e Valorização da Biodiversidade em Comunidades Isoladas da Reserva Extrativista do Médio Juruá, Município de Carauari, Estado do Amazonas". Brasília, DF. *Programa do Trópico Úmido, PTU/CNPq*.

- Araújo Neto, Mario D.; Vasconcellos, Vania L.D. & Di Lascio, Marco A. (1991) "Stability Resilience Concepts Applied to Reservoirs Impacts in Amazon Region". Rabat, Marrocos. 13-18 de maio. **VIIth World Congress on Water Resources**. Congresso tri-anual da International Water Resources Association (IWRA). 5 páginas. Resumos pp. C1/39-41.
- Aragón, L.E. (1991) **A Desordem Ecológica na Amazônia**. Belém, PA. Ed. Associação de Universidades Amazônicas (Unamaz). 140:486 páginas.
- Arima, Eugênio (2001) "Desmatamento Econômico e Políticas Públicas". In: **Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia**. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente (MMA). pp. 259-275, em 425 páginas.
- AWEA (2006) "Wind Energy Basics". Washington, DC, USA. **Basic Information of the American Wind Energy Association**. 6 páginas.
- Banco Mundial (1991) "A Methodology for Regional Assessment of Small Scale Hydro Power". San Francisco, USA. **World Bank Energy Series**. Paper nº 44.
- Baiardi, Amílcar (1981) "Amazônia: Uma Região Ferida de Morte". Brasília, DF. **Revista Brasileira de Tecnologia**. Ed. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). pp. 17-29.
- Barreto, Eduardo J.F. (2004a) "Política Pública e Direitos Sociais no Programa Luz para Todos". Brasília, DF. **Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAECX'2004**. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 8 páginas.
- Barreto, Eduardo J.F. (2004b) "Mecanismos de Gestão de Atendimento Descentralizado à Luz da Experiência Recente, da Regulamentação Vigente e do Programa Luz para Todos". Brasília, DF. **Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAECX'2004**. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 11 páginas.
- Barreto, Eduardo J.F. (2004c) "Abordagem Jurídica e Econômica da Universalização dos Serviços Públicos de Energia Elétrica: Estudo de Caso Sobre o Estado da Bahia". Salvador, BA. **Dissertação de Mestrado**. Mestrado em Regulação da Indústria de Energia. Departamento de Engenharia e Arquitetura da Universidade Salvador. Unifacs.
- Barreto, Eduardo J.F. (2004d) "Direito Universal ao Serviço Público de Energia". Belo Horizonte, MG. **Forum Administrativo de Direito Público**. Vol. 35, pp. 3329-3339.
- Barreto, Eduardo J.F. (2006a) "Primeiro Seminário de Monitoramento dos Projetos Pilotos com Energias Renováveis para Atendimento de Comunidades Isoladas". Brasília, DF. 24-25/05/06. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, PNUD/MME**.
- Barreto, Eduardo J.F. (2006b) "Metodologia de Avaliação de Projetos com Energias Renováveis em Comunidades Isoladas Fora da Rede Convencional". Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 656, outubro de 2006**.
- Barreto, Eduardo J.F. (2006c) "Monitoramento dos Projetos: Turbina Hidrocinética, Rio Maracá, AP; MCH, Cachoeira de Aruã, PA; Sistema Híbrido, Tamaruteua, PA". Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 667, novembro de 2006**.

- Barreto, Eduardo J.F. (2006d) “Relatório técnico da Fase II de monitoramento e avaliação da sustentabilidade técnica, econômica e de gestão dos seguintes projetos de energias renováveis para o atendimento de comunidades isoladas: Sistema Híbrido Eólico-Solar, Boa Esperança no Jalapão, TO; Implantação de uma unidade de geração de energia elétrica a partir da queima de biomassa na Comunidade de Santo Antônio, Ilha do Siriri, Município de Breves, Marajó, PA; Sistema Híbrido Solar e Hidrogênio Líquido, Centro de Pesquisas Canguçu, TO”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 683, dezembro de 2006.**
- Barreto, Eduardo J.F. (2007a) “Relatório técnico da Fase II de monitoramento e avaliação da sustentabilidade técnica, econômica e de gestão dos seguintes projetos de energias renováveis para o atendimento de comunidades isoladas: Biodiesel por Transesterificação na Reserva Extrativista do Médio Juruá, AM; Geração de Energia a Partir de Óleos Vegetais na Amazônia, Moju, PA; Sistema Híbrido na Ilha de Lençóis, MA”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 694, fevereiro de 2007.**
- Barreto, Eduardo J.F. (2007b) “Proposta de Agenda e de Realização do Segundo Seminário de Monitoramento dos Projetos-Pilotos aprovados no Edital MME/CNPq e Relatório Técnico com a Consolidação Parcial das Informações e Lições Aprendidas”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 702, março de 2007.**
- Barreto, Eduardo J.F. (2007c) “3º Monitoramento dos Projetos do Edital 003/2003 CNPq/MME: Marajó, Implantação de uma unidade de geração de energia elétrica a partir da queima de biomassa acoplada a uma usina de extração de óleo vegetal, fábrica de gelo e câmara frigorífica numa comunidade isolada na Ilha do Marajó, PA; Prisma, Cachoeira de Aruã, Um Modelo Energético Sustentável envolvendo Organizações de Base Comunitária, Santarém, PA; Tamaruteua, Revitalização do Sistema Híbrido Fotovoltaico-Eólico-Diesel da Comunidade de Tamaruteua, Marapanim, PA”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 733, abril de 2007.**
- Barreto, Eduardo J.F. (2007d) “Segundo Seminário de Monitoramento dos Projetos Pilotos com Energias Renováveis para Atendimento de Comunidades Isoladas”. Brasília, DF. 14-15/05/07. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, PNUD/MME.**
- Barreto, Eduardo J.F. (2007e) “Análise sobre a Viabilidade Econômica Financeira dos Projetos em Operação do Edital CT-Energ/MME/CNPq, 2003”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 711, junho de 2007.**
- Barreto, Eduardo J.F. (2007f) “3º Monitoramento dos Projetos do Edital 003/2003 CNPq/MME: Poraquê, Energia renovável para a reserva do Maracá; CPC, Gestão Energética para o Desenvolvimento Sustentável, Centro de Pesquisas Canguçu; Gerar, Instalação de uma pequena central Eólico-solar para geração de energia elétrica em uma pequena localidade rural”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 744, julho de 2007.**

- Barreto, Eduardo J.F. (2007g) “3º Monitoramento dos Projetos do Edital 003/2003 CNPq/MME: Probiodiesel, Produção Sustentável de Biodiesel a Partir de Oleaginosas da Amazônia em Comunidades Isoladas da Reserva Extrativista do Médio Juruá; Provenat, Programa para Geração de Energia a Partir de Óleos Vegetais na Amazônia Através da Adaptação de Motores Diesel Existentes; Sistema Híbrido de Geração Elétrica Sustentável para a Ilha dos Lençóis, Município de Cururupu, MA”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 756, agosto de 2007.**
- Barreto, Eduardo J.F. (2008a) “Relatório técnico com resultados do acompanhamento e avaliação de projetos de atendimento de comunidades isoladas com energias renováveis, no âmbito da Cooperação Técnica MME, Celpa e UFPA-TCT-MME/UFPA/Celpa; Projeto: Queima de Biomassa em Caldeira/Turbina a Vapor, Ilha de Marajó, Município de Breves, PA”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 948, setembro de 2008.**
- Barreto, Eduardo J.F. (2008b) “Relatório técnico com resultados do acompanhamento e avaliação de projetos de atendimento de comunidades isoladas com energias renováveis, no âmbito da Cooperação Técnica MME, CELPA e UFPA-TCT-MME/UFPA/Celpa; Projeto: Micro Central Hidrelétrica em Santarém, PA”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/DO-9043-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 950, setembro de 2008.**
- Barreto, Eduardo J.F.; Almeida, José Lino & Parente, Vicente G. (2005) “Relatório Técnico Sobre o Atendimento de Comunidades Rurais Isoladas no Estado do Pará por Agentes Privados Não-Concessionários com Minirrede e Micro-Central Hidrelétrica”. Brasília, DF. Dezembro. **Ministério de Minas e Energia.**
- Barreto, Eduardo J.F. & Parente, Vicente G. (2006) “O Instituto da Autorização para o Atendimento com Serviços de Energia Elétrica de Comunidades Isoladas da Amazônia”. Salvador, BA. Número 6. Ed: maio-junho-julho. **Revista Eletrônica de Direito Administrativo Econômico.** Disponível em: <http://www.direitodoestado.com.br/redae/edicao/06/>.
- Bates, H.W. (1979) **Um Naturalista no Rio Amazonas.** Edição original de 1876. Tradução de Regina Régis Junqueira. São Paulo, SP. Ed. Universidade de São Paulo. 300 páginas.
- Becker, Bertha (2001) “Síntese do Processo de Ocupação da Amazônia”. In: **Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia.** Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente (MMA). pp. 5-24, em 425 páginas.
- Belgiorno, V.; De Feo, G.; Della Roca, C. & Napoli, R.M.A. (2003) “Energy from gasification of solid wastes”, **Waste Management.** Vol. 23, pp 1-15.
- Bentancurt, Juan J.V.; Di Lascio, Marco A. & Araújo Neto, Mario D. (1991a) “A Methodology for Liquid Energy Determination in Hydropower Plants Projects”. Rabat, Marrocos. 13-18 de maio. **VIIth World Congress on Water Resources.** Congresso tri-anual da International Water Resources Association (IWRA). 6 páginas. Resumos p. A2/41-43.
- Bentancurt, Juan J.V.; Di Lascio, Marco A. & Araújo Neto, Mario D. (1991b) “Analyzing de Efficiency of New Hydropower Plants Using the Liquid Energy Methodology”. **International Seminar on Efficient Water Use.** Cidade do México, México. 21-25 de outubro. Organização: Comissão Nacional da Água do México, Instituto Mexicano de Tecnologia da Água e International Water Resources Association (IWRA). Resumos p. 14, Proceedings pp. 7-12.

- Bettarello, Antônio C.T. (2004) “Micros e Pequenos Aproveitamentos Hidrelétricos Utilizando a Turbina Hidráulica Tipo Michell Banki”. Brasília, DF. **Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAE CX'2004**. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 5 páginas.
- Bhattacharya, S.C; Hla, San Shwe & Pham, Hoang-Luang (2001) “A Study on a Multi-Stage Hybrid Gasifier-Engine System”. **Biomass and Bioenergy**. V. 21, p.445-460.
- Brasil Junior, Antonio C. Pinho & Van Els, Rudi. (2007) “Turbina Hidrocinética”. In: **Soluções Energéticas para a Amazônia**. Brasília, DF. Novembro. Eduardo José Fagundes Barreto (Coordenador). Ministério de Minas e Energia e Banco Interamericano de Desenvolvimento.
- BTM (2000) “International Wind Energy Development World Market Update 1999”. Dinamarca. **Relatório da BTM Consult**. Madsen, B. (editor).
- Cadma (1992) **Amazonia sin Mitos**. Comisión Amazónica de Desarrollo y Medio Ambiente. Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). 111 páginas.
- Camapum, Juliana F. (1995) “Estação Meteorológica Remota”. Brasília, DF. 20/07/95. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica**. Orientador: Marco Alfredo Di Lascio, Depto. de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília. 166 páginas.
- Caruso, Mariléa M.L. & Caruso, Raimundo C. (2000) **Amazônia, a Valsa da Galáxia: O ABC da Grande Planície**. Florianópolis, SC. Editora da UFSC. 474 páginas.
- Carvalho, Joaquim Bertino de Moraes (1936) **A Indústria de Óleos Vegetais e Seus Problemas**. 85 páginas.
- Castro, J.C. (1981) “Desastre Ecológico no Pará”. Rio de Janeiro, RJ. set/out. **Revista da OAB**.
- Castro, E.V. & Andrade, L.M.M. (1988) **Hidrelétricas do Xingú: O Estado Contra as Sociedades Indígenas**. São Paulo, SP. Comissão Pró-Índio de São Paulo. Ed. Zerodois. 196 páginas.
- Cepal - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (1999) “Crise Agrava Pobreza na América Latina”. **Correio Brasiliense**. 5 de maio, Economia e Trabalho, página 13.
- Chalkley (1911) **Termodinâmica**. Prefácio de Rudolf Diesel onde fala do uso do óleo vegetal como combustível.
- Cmmad (1988) **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro, RJ. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Cmmad). Editora da Fundação Getúlio Vargas. 430 p.
- Correia, José de Castro (2002) “Introdução dos Óleos Vegetais na Matriz Energética da Reserva Extrativista do Médio Juruá e a Valorização da Biodiversidade: estudo de caso do óleo de andiroba”. Campinas, SP. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). 173 páginas.
- Correia, José de Castro (2004) “Técnicas de Extração Industrial de Óleo Vegetal: Extração Mecânica de Óleo Vegetal em Comunidades Extrativistas da Amazônia”. Brasília, DF. 03, 04, 17 e 18 de junho. **Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAE CX'2004**. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 12 páginas.
- Correia, José de Castro (2006) “Produção Sustentável de Biodiesel a partir de Oleaginosas da Amazônia em Comunidades Isoladas da Reserva Extrativista do Médio Juruá”. Brasília, DF. Em 24-26/05/2006. Apresentação efetuada durante o **Primeiro Seminário de Monitoramento dos Projetos Pilotos com Energias Renováveis para Atendimento de Comunidades Isoladas**. Programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003. MME.

- Cruz, Henryette P. (2005) “Geração de Energia Elétrica com Óleo Vegetal de Plantas Nativas como Fator de Desenvolvimento na Amazônia - Estudo de Caso: Região do Médio Juruá no Município de Carauari, AM”. Brasília, DF. 28/01/05. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica**. Orientador: Marco Alfredo Di Lascio, Depto. de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília. 101 páginas.
- Cunha, M.C. & Almeida M.B. (2002) **Enciclopédia da Floresta: O Alto Juruá, Práticas e Conhecimentos das Populações**. São Paulo, SP, Br. Ed. Schwarcz Ltda. 735 pgs.
- Darrieux, Georges J. M. (1931) “Turbine Having its Rotating Shaft Transverse to the Flow of the Current”. **US Patent 1835018**.
- Demo, Pedro (1997) **Conhecimento Moderno: Sobre a Ética e Intervenção do Conhecimento**. Petrópolis, RJ. Editora Vozes. 317 páginas.
- Dias, Elizabete M. (2005a) “Análise Ambiental e Socioeconômica para o Planejamento Energético das Comunidades Isoladas dos Municípios da Regional do Juruá no Acre”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/MT-6697-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 347, fevereiro de 2005**. 59 páginas.
- Dias, Elizabete M. (2005b) “Energia Elétrica da Biomassa como Fator de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia: Estudo de Caso na Regional do Juruá do Acre”. Brasília, DF. 10/10/05. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica**. Orientador: Marco Alfredo Di Lascio, Depto. de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília. 183 páginas.
- Dias, Elizabete M.; Di Lascio, Marco A.; Melo, Ana Teresa S. & Hutin, Jill R.A. (2006) “Energia Elétrica da Biomassa como Fator de Desenvolvimento Sustentável da Regional do Juruá no Acre”. Rio de Janeiro, RJ. **XI Congresso Brasileiro de Energia**. Anais Vol. I. pp. 217-228.
- Di Lascio, Marco A. (1996a) “Política de Planejamento Energético para o Desenvolvimento Sustentável na Amazônia”. In: S.B. Magalhães, R. de C. Britto e R. de Castro: **Energia na Amazônia**; Belém; PA; Edição Museu Goeldi e Universidade Federal do Pará (UFPA); Vol. I; pp. 87-106.
- Di Lascio, Marco A. (1996b) “Energia Renovável para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia: Um estudo sobre Riberalta e Guajará Mirim”. Rio de Janeiro, RJ. 22 a 25 de outubro. **VII Congresso Brasileiro de Energia**. Anais Vol. I, pp. 556-570.
- Di Lascio, Marco A. (1999) “Stratégies Énergétiques pour le Développement Soutenable des Régions Isolées de l'Amazonie”. Paris, Fr. **Revue de l'Énergie**. nº 506, 05/1999. pp. 255-262.
- Di Lascio, Marco A. (2001a) “Projeto de Referência em Geração Híbrida de Energia Elétrica: Aplicação Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto e Reserva Extrativista do Médio Juruá”. Brasília, DF. 06/2001. Sétimo Relatório da Meta 2: Geração de Energia Fotovoltaica na Rerop. **Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel**. Projeto PNUD BRA/98/019, Contrato nº 99/011. 61 páginas.
- Di Lascio, Marco A. (2001b) “Projeto de Referência em Geração Híbrida de Energia Elétrica: Aplicação Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto e Reserva Extrativista do Médio Juruá”. Brasília, DF. 06/2001. Sétimo Relatório da Meta 3: Projetos de Eletrificação com Aproveitamento Integrado da Biomassa Não-Madeireira nas duas áreas de conservação ambiental. **Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel**. Projeto PNUD BRA/98/019, Contrato nº 99/011. 28 páginas.
- Di Lascio, Marco A. (2002) “Energia e Extrativismo.” In: Écio Rodrigues e Rubens Palácios: **A Reserva Extrativista que Conquistamos**; Brasília, DF; Edição do Ministério do Meio Ambiente (MME); pp. 39-44.

- Di Lascio, Marco A. (2004a) “A Questão da Energia para o Extrativismo: Eletricidade e Desenvolvimento para as Populações da Amazônia”. Brasília, DF. **Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAE CX'2004**. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 13 páginas.
- Di Lascio, Marco A. (2004b) “Coordenação dos Módulo I e II, do SAE CX'2004 e outros assuntos”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/MT-6697-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 144, junho de 2004**. 66 páginas.
- Di Lascio, Marco A. (2004c) “Pré-Projeto do Programa Luz para Todos de Universalização da Área Rural do Município de Marechal Thaumaturgo, no Estado do Acre e Respectiva Apresentação em Formato Power Point”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/MT-6697-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 203, agosto de 2004**. 69 páginas.
- Di Lascio, Marco A. (2004d) “Geração de Energia Elétrica com Óleos Vegetais na Amazônia: Um Estudo para o Biodiesel”. Rio de Janeiro, RJ. **X Congresso Brasileiro de Energia**. 26-28/10/04. pp. 981-988.
- Di Lascio, Marco A. (2005a) “Proposta de Erradicação da Exclusão Elétrica de 180 Comunidades Rurais Isoladas da Regional do Juruá do Acre, pelo Programa Luz para Todos, Integrada com Energia Renovável e Uso Sustentável da Floresta Nativa”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/MT-6697-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 364, fevereiro de 2005**. 54 pgs.
- Di Lascio, Marco A. (2005b) “Avaliação das Alternativas Tecnológicas de Atendimento de Comunidades Isoladas da Amazônia com Energias Renováveis; Incluindo Resumo das Apresentações do Seminário SAE CX'04, Módulos I e II”. Brasília, DF. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/MT-6697-BR. **Projeto BRA 99/011, Relatório PNUD/MME nº 415, março de 2005**. 240 páginas.
- Di Lascio, Marco A.; Araújo Neto, Mario D. & Bentancurt, Juan J.V. (1991) “The Efficient Use of the Amazonian Rivers”. Cidade do México, México. 21-25 de outubro. **International Seminar on Efficient Water Use**. Organização: Comissão Nacional da Água do México, Instituto Mexicano de Tecnologia da Água e International Water Resources Association (IWRA). Resumos p. 13. Anais pp. 1-6.
- Di Lascio, Marco A.; Bentancurt, Juan J.V. & Araújo Neto, Mario D. (1993) “Hydropower for Sustainable Development of the Amazon Region”. pp. 157-166. In: A. K. Biswas; M. Jellali & G. Stout: **Water for Sustainable Development in the 21st Century**; Delhi; Oxford University Press. 287 páginas.
- Di Lascio, Marco A. & Correia, José de Castro C. (2001) “Projeto de Referência para Geração Híbrida de Energia Elétrica com Uso Sustentado da Biomassa e Valorização da Biodiversidade Nativa em Duas Áreas de Preservação da Floresta Amazônica”. Brasília, DF. Coordenadores: Marco Alfredo Di Lascio e José de Castro Correa. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Projeto PNUD BRA 98/019. Contrato nº 99/011**.
- Di Lascio, Marco A. & Melo, Ana Teresa S. (2002) “A Energia Fotovoltaica e o Ambiente Amazônico: Um Estudo na Resex do Rio Ouro Preto”. Rio de Janeiro, RJ. **IX Congresso Brasileiro de Energia**. pp. 1.792-1.798.

- Di Lascio, Marco A.; Pioch, Daniel & Rodrigues, Écio (2006) “Panorama e Alternativas para o Atendimento Energético de 5.330 Pequenos Vilarejos Isolados da Amazônia Rural Brasileira”. Brasília, DF. Agosto de 2006. **Relatório de Consultoria para o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)**. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/EA-7191-BR, Fundo Especial para a Assistência Técnica Européia na América Latina, Amazonas - Energia Renovável. 226 páginas.
- Di Lascio, Marco A. & Vasconcellos, Vania L.D. (1990) “A Água Como Geradora de Eletricidade: O caso da Amazônia”. Manaus, AM. 5-9 de agosto. **Seminário Internacional sobre Hidrologia e Gestão da Água na Bacia Amazônica**. Organização: International Water Resources Association (IWRA) e Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). 9 páginas.
- Di Lascio, Marco A.; Vasconcellos, Vania L.D. & Ávila, Clayton. J.P. (1993) “Energia Hidráulica Para Rondônia”. Rio de Janeiro. 18 a 22 de outubro. **VI Congresso Brasileiro de Energia**. pp. 199-205.
- Di Lascio, M.A. & Vasconcellos, V.L.D. (1995) “Energy Planning for the Sustainable Development of the Amazon.” pp. 123-141. In: M.A. Di Lascio; V.L. Vasconcellos & L.R.L. da Paz: **Energy Policy for the Sustainable Development of the Amazon Region**; Brasília, DF; Gráfica Gutenberg; 190 páginas.
- Di Lascio, Marco A.; Vasconcellos, Vania L.D. & Paz, Luciana R.L da (1995) **Energy Policy for the Sustainable Development of the Amazon Region**. Brasília, DF. Editado pelo “International Seminar on Energy Policy for the Sustainable Development of the Amazon Region (PEDASA’93)”. Gráfica Gutenberg. 190 páginas.
- Di Pietro, Maria Sylvia Zanella. (2005) **Direito Administrativo**. São Paulo, SP. 18ª edição. Editora Atlas.
- Eletrobrás (2001a) “Programa Luz no Campo: Relatório Síntese de 2001”. Rio de Janeiro, RJ. **Publicado pela Eletrobrás**. 36 páginas.
- Eletrobrás (2001b) **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília, DF. Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás). Ministério de Minas e Energia (MME).
- Eqtec Iberia (2004) “Integrated Biomass Gasification Power Plants”. Documento baixado da internet. <http://www.energiaverde.com/Demo67es.pdf>.
- Eloy, Ludvine (2001). “Produção e Melhoramento da Qualidade dos Óleos Vegetais na Reserva Extrativista do Médio Juruá, como Uma Opção para o Desenvolvimento Sustentável”. Montpellier, Fr. **Relatório de Cooperação Científica entre o Centro Internacional de Pesquisas Agrônomicas para o Desenvolvimento (CIRAD) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM)**. 102 páginas.
- EPRI (1983) “Methodology for Integration of HVDC Links in Large AC Systems”. Electric Power Research Institute. **Reference Manual EPRI EL-3004**. Final Report. 356 pgs.
- Fearnside, Phillip M. (1990) “Balbina: Lições Trágicas na Amazônia”. **Revista Ciência Hoje**. Vol. 11, nº 64. pp 34-42.
- FEB - Forum Européen sur les Biocarburants (1994) Biocarburants en Europe: Développements, Applications, Perspectives 1994-2004. Tours, França. **Actes du 1er Forum Européen sur les Biocarburants**. 9-11/maio.
- Gauthier, M. (1931) “Utilization of Vegetable Oil as Fuel in Diesel Engines”. **Technique Moderne**. nº 23. pp. 251-256.
- Gautier, M. (1933) “Use of Vegetable Oils in Diesel Engines”. **Revue des Combustibles Liquides**. nº 11. pp.19-24.

- Gonzalez, Wilma de Araujo (2007) “Geração de Energia a Partir de Oleaginosas da Amazônia”. Brasília, DF. Apresentação efetuada durante o **Segundo Seminário de Monitoramento dos Projetos Pilotos com Energias Renováveis para Atendimento de Comunidades Isoladas**, em 14-15/05/2007. Programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003. MME.
- Goodland, Robert J. (1977) “Environmental Assessment of the Tucuruí Hydroelectric Project”. Brasília, DF. **Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte)**. 168 páginas.
- Gorlov, Alexander, (2000) Helicoidal Turbine Assembly Operable Under Multidirectional Gas and Water Flow for Power and Propulsion Systems. Northeastern University. **US Patent 6155892**.
- Grau, Eros Roberto (2002) **A Ordem Econômica na Constituição de 1988**. São Paulo, SP. 7ª edição. Malheiros Editores.
- Gregoldo, Ana Isabel Araújo & Souza, Luiz Eugênio Machado de (1996) “Estratégias de Planejamento Energético para o Desenvolvimento Sustentável do Estado do Amapá”. Brasília, DF. **Dissertação de Especialização em Planejamento Energético**. “Projeto Equinócio” e Depto. de Engenharia Agrônômica. Universidade de Brasília, UnB. Orientador: Marco Alfredo Di Lascio. 89 páginas.
- Gton (2005) “Plano de Operação para 2005: Sistemas Isolados”. Rio de Janeiro, RJ. **Grupo Técnico Operacional da Região Norte - GTON. Departamento de Sistemas Isolados e Combustíveis - DES. Centrais Elétricas Brasileiras - Eletrobrás**. 91 páginas.
- Guascor (2004) Relatório Mensal das Unidades de Geração da Guascor em Rondônia: Dezembro de 2004. Porto Velho, RO. **Grupo Guascor**. 36 páginas.
- Gusmão, M. (1999) “Luzes na Amazônia: Fotos Noturnas Feitas por Satélite Revelam uma Surpreendente Urbanização na Floresta”. **Revista Veja**. 24 de novembro. pp. 82-83.
- Guigon, P. & Large, J.F. (1990) “Environmental Aspects of Gasification”. **Report for the Commission of European Communities**. EUR 12.736. pp. 115-131.
- Hall, D.O.; Rosillo-Calle, F.; Williams, R.H. & Woods, J. (1992) “Biomass for Energy: Supply Prospects”. In: Johansson, T.B. et alii. **Renewable Energy - Sources for Fuels and Electricity**. Londres. Earthscan. cap. 14, pp. 593-651.
- Hamabe, G., & Nagao, H. (1939) “Performance of Diesel Engines Using Soybean Oil as Fuel”. **Trans. Soc. Mech. Engrs. (Japan)** 5. nº 20(II). pp. 5-9.
- Hecht, Susanna & Cockburn, Alexander (1990) **The Fate of The Forest: Developers, Destroyers and Defenders of the Amazon**. New York, NY, USA. Harper Perennial. 357 páginas.
- Homma, A.K.O. (1993). “Extrativismo Vegetal na Amazônia: Limites e Oportunidades”. In: Extrativismo na Amazônia Brasileira: Perspectiva sobre Desenvolvimento Regional. Ed. Miguel clüsener-Godt e Ignacy Sanchs. Compêndio MAB 18. Unesco Paris Peters, Charles M.; Gentry, Alwyn H.; & Mendelsohn, Robert O. (1989) “Valuation of an Amazonian Rainforest”. **Nature**. 29 de Junho, Vol. 339, pp. 655-656.
- IBGE (2000) **Censo Brasil 2000**. Rio de Janeiro, RJ. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
- IPEA – Fundação Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (1999) “Estudo Mostra como Acabar com a Miséria”. **Folha de São Paulo**. 13 de junho, p. 1-15.
- Judge, Arthur W. (1935) **High Speed Diesel Engines**. New York, NY, USA. Second edition. D. Van Nostrand.
- Kinoshita, C.M.; Turn, S.Q.; Overend, R.P. & Bain, R.L. (1997) “Power Generation Potential of Biomass Gasification Systems”. **Journal of Energy Engineering**. Vol. 123, nº 3 (dezembro). pp. 99-99

- Knoef, H. (2002) "Review of small-scale biomass gasification". *Pyrolysis and Gasification of Biomass and Waste Expert Meeting*. Strasbourg, France.
- La Rance, (1981) *L'Usine Marémotrice de La Rance 15 ans Après*. Paris, França. La Gazette de la Manche. 32 páginas.
- Lawrence, Stephen (2006) "Hydropwer". Boulder, CO, USA. *Leeds School of Business PPT*. University of Colorado.
- Lima, Francisco A. (2002) "Confiabilidade de Estação Meteorológica Remota". Brasília, DF. 9/08/02. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica*. Orientador: Marco Alfredo Di Lascio, Depto. de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília. 110 páginas.
- Lobo, Pio Caetano (2004) "Panorama sobre Gaseificadores e a Geração Descentralizada de Energia Elétrica". Brasília, DF. *Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAEEX'2004*. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 17 páginas.
- Lopes, Luciana Figueiredo Bomfim (2007) "Proteção de Conhecimentos Tradicionais Associados à Diversidade Biológica: Possibilidades e Desafios". Brasília, DF. Vol. 4, nº 1, julho. *Revista de Estudos e Pesquisas*. Fundação Nacional do Índio (Funai). pp. 255-289.
- Lopes, Pedro C.R. (2005) "Público e Privado - PPP é a nova modalidade de concessão de serviços públicos". Disponível em 22 de abril, em www.conjur.estadao.com.br/static/text.
- Lora, Electo, S.; Cobas, Vladmir, R.; Bergamasco e Paula, Rafael; Romero, Silvio & Podesser, Erick (2006) "Desenvolvimento de Um Módulo Combustor de Biomassa e Motor Stirling para Geração de Eletricidade em Comunidades Isoladas". Brasília, DF. Apresentação efetuada durante o *Primeiro Seminário de Monitoramento dos Projetos Pilotos com Energias Renováveis para Atendimento de Comunidades Isoladas*. Em 24-26/05/2006. Programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003. MME.
- Loss, João Carlos (2001) "Projeto do Gasoduto Urucu - Porto Velho". *Apresentação da Agência Nacional do Petróleo - ANP*. 30 de outubro de 2001.
- Lumet, G. (1924) "Utilization of Vegetable Oils". *Chaleur et Industrie*. Special Number. pp. 190-195.
- Macêdo, Wilson Negrão (2002) "Estudo de Sistemas de Geração de Eletricidade Utilizando as Energias Solar Fotovoltaica e Eólica". Belém, PA. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica*. Campus Universitário do Guamá. Universidade Federal do Pará - UFPA. Fevereiro. 170 páginas.
- Machado, Ricardo Bomfim & Aguiar, Ludmilla Moura de Souza (2001) Desmatamentos na Amazônia e Consequências para a Biodiversidade. In: *Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia*. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente (MMA). pp. 225-234, em 425 páginas.
- Madsen, B. (2000) "International Wind Energy Development World Market Update 1999". Dinamarca. *Relatório da BTM Consult*.
- Manzella, G. (1935) "Peanut Oil as Diesel Engine Fuel". *Energia Term*. nº 3, pp. 153-160.
- Marques, Ana Claudia S.; Di Lascio, Marco A. & Freitas, Marcos A. (1999) "Energias Renováveis para o Desenvolvimento Sustentável do Amapá". Rio de Janeiro, RJ. *VIII Congresso Brasileiro de Energia*. Anais Vol. I. pp. 230-237.
- Martin, Jean-Marie (1990) *A Economia Mundial da Energia*. São Paulo, SP. Editora Unesp.
- Mathot, R.E. (1920) "Comunicação sobre os Problemas com o Uso de Óleos Vegetais em Motores Diesel". *Associação para o Aperfeiçoamento do Material Colonial da Bélgica*. 14 de janeiro.

- Meggers, Betty J. (1996) *Amazonia: Man and Culture in a Counterfeit Paradise*. Washington, DC, EUA. Ed. Revisada. Smithsonian Institution Press. 214 p.
- Meirelles, Hely Lopes (1991) *Direito Administrativo Brasileiro*. São Paulo, SP. Editora Revista dos Tribunais. 16ª edição.
- Melo, Ana Teresa S. (2005) “A Energia Solar Fotovoltaica e o Desenvolvimento Sustentável na Amazônia: Um Estudo na Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto em Rondônia”. Brasília, DF. 7/10/05. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica**. Orientador: Marco Alfredo Di Lascio, Depto. de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília. 143 páginas.
- Melo, Ana Teresa S., Di Lascio, Marco A., Dias, Elizabete M., Hutin, Jill R.A. (2006) “Eletricidade e Óleo Vegetal para o Desenvolvimento Sustentável da Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto em Rondônia”. Rio de Janeiro, RJ. *XI Congresso Brasileiro de Energia*. Vol. I. pp. 353-361.
- Menezes, Mario A. (2001) “O Controle Qualificado do Desmatamento e o Ordenamento Territorial na Região Amazônica”. In: *Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia*. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente (MMA). pp. 103-154, em 425 pgs.
- MIC (1985a) “Óleos Vegetais: Experiência de Uso Automotivo Desenvolvida pelo Programa OVEG I”. Brasília, DF. *Secretaria de Tecnologia Industrial, Coordenadoria de Informações Tecnológicas, Ministério da Indústria e do Comércio, MIC*.
- MIC (1985b) “Produção de Combustíveis Líquidos a Partir de Óleos Vegetais”. Brasília, DF. *Secretaria de Tecnologia Industrial, Coordenadoria de Informações Tecnológicas, Ministério da Indústria e do Comércio, MIC*.
- Ministério do Planejamento (2002) “Luz no Campo Ultrapassa as 400 mil Novas Ligações Rurais”. Brasília, DF. *Notícias do Ministério do Planejamento de julho de 2002*.
- MMA (2001) *Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia*. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente - MMA. 425 páginas.
- Mota, Carlos Renato (2001) “As Principais Teorias e Práticas de Desenvolvimento”. In: *A Dificil Sustentabilidade: Política Energética e Conflitos Ambientais*. Marcel Bursztyrn. Rio de Janeiro, RJ. Editora Garamond Ltda. 259 páginas.
- Mukunda, H.S.; Dasappa, S. & Shrinivasa, U. (1992) “Open-Top Wood-Gasifiers”. In: Joansson, T.B. et alii. *Renewable Energy - Sources for Fuels and Electricity*. Londres, GB. Earthscan. Cap. 16, pp. 699-727
- Ooi, S.C.; da Silva E.B.; Müller, A.A. & Nascimento, J.C. (1981) “Oil Palm Genetic Resources: Native *Elaeis oleifera* Populations in Brazil Offer Promising Sources”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Vol. 16, nº 3, pp. 385-395.
- Paim, Sândalo Ricardo do Rego (1996) “Produção de Biogás para Manaus”. Brasília, DF. **Dissertação de Especialização em Planejamento Energético**. “Projeto Equinócio” da UnB e Depto. de Engenharia Agrônômica. Universidade de Brasília, UnB. Orientador: Marco Alfredo Di Lascio. 72 páginas.
- Paiva, Vanilda (1991) “Educação e Bem-Estar Social”. Campinas, SP. *Educação e Saúde*. Revista Publicada pela Papirus. pp. 161-200.
- Park, Chris C. (1992) *Tropical Rainforests*. New York, NY, USA. Routledge. 188 páginas.
- Paz, Luciana R.L. & Torres, Ercília, P. (1993) “Análise da Ocupação do Solo no Projeto de Colonização Marechal Dutra em Rondônia”. Brasília, DF, Brasil. **Monografia do Curso de Especialização em Sensoriamento Remoto Aplicado à Análise Ambiental**. Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade de Brasília.

- Peet, John (1992) *Energy and the Ecological Economics of Sustainability*. Washington, DC, USA. Island Press. 309 páginas.
- Perazzo Neto, Américo (2004) “Sistemas Energéticos com Biodigestores”. Brasília, DF. *Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAE CX’2004*. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 22 páginas.
- Pereira, Edinaldo, J. da S.; Pinho, João T. & Vale, Silvio B. (2007) “Revitalização do Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico-Diesel de Tamaruteua, Município de Marapanim, Pará”. Fortaleza, CE. 8-11/03/07. *I Congresso Brasileiro de Energia Solar - I CEBENS*. 10 páginas.
- Peterlowitz, Stefan (2004) “Plant Oil Technology: Today’s Situation in Germany”. Brasília, DF. *Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAE CX’2004*. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 6 páginas.
- Pioch, Daniel (2004) “Biocombustíveis Provenientes do Craqueamento Catalítico de Óleos Vegetais Tropicais”. Brasília, DF. *Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAE CX’2004*. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 7 páginas.
- Piyaporn, I,K.; Jeyashoke, N. & Kanit, K. (1996) “Survey of seed oils for use as diesel fuels”. *Journal Am. Oil Chem. Soc.* Vol. 73, nº 471.
- Ponchon, Raoul (1934) *Combustibles Liquides et Lubrifiants: Leurs Applications*. Syndicat d’Applications Industrielles des Combustibles Liquides. 1610 páginas.
- Prodeem (2004) “Programa Nacional de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (Prodeem): Plano de Revitalização e Capacitação (PRC)”. Brasília, DF. 3-4, e 17-18/06/2004. *Primeiro Seminário sobre o Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas (SAE CX’2004)*. Ministério de Minas e Energia (MME).
- Rajnaidu, N. (1983) “*Elaeis oleifera* Collection in South and Central America”. International Board for Plant Genetic Resources. *Plant Genetic Resources Newsletter*. nº 56, pp. 42-51.
- RDH (1998) “Mudar os Padrões de Consumo de Hoje - para o Desenvolvimento Humano de Amanhã”. Lisboa. *Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD)*. Relatório do Desenvolvimento Humano - RDH. Editora Tricontinental. 228 pgs.
- Rendeiro, Gonçalo (2004) “Pequenas Caldeiras e Turbinas na Amazônia”. Brasília, DF. *Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAE CX’2004*. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 8 páginas.
- Richardson, Roberto Jary (1983) *Pobreza Rural, Desenvolvimento e Educação*. Educação e Sociedade. Ano V, nº 14, maio. pp. 71-82.
- Rodrigues, Écio (2004a) “Experiências de Uso Sustentável de Florestas na Amazônia.” Brasília, DF. *Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAE CX’2004*. Brasília, DF. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 7 páginas.
- Rodrigues, Écio (2004b) “Vantagem Competitiva do Ecossistema na Amazônia: O Cluster Florestal do Acre”. Brasília, DF. 20 de agosto. *Tese de Doutorado*. Orientadores: Antônio C. Brasil Jr. e Marco A. Di Lascio. Brasília, DF. Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), Universidade de Brasília (UnB). 516 páginas.

- Rosa, Luiz Pinguelli; Sigaud, Lygia & Mielnik, Otávio (1988) *Impactos de Grandes Projetos Hidrelétricos e Nucleares: Aspectos Econômicos, Tecnológicos, Ambientais e Sociais*. São Paulo, SP. Editora Marco Zero. 199 páginas.
- Sawyer, Donald (2001) “Evolução Demográfica, Qualidade de Vida e Desmatamento na Amazônia”. In: *Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia*. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente (MMA). pp. 73-90, em 425 páginas.
- Schmidt, A.W. (1932) “Pflanzenöle als Dieselmkraftstoffe”. *Tropenpflanzer*. nº 35. p. 386-389.
- Schmidt, A.W. (1933) Engine Studies with Diesel Fuel (Motorische Untersuchungen mit Dieselmkraftstoffen). *Automobiltechnische Zeitschrift*. nº 36. pp. 212-214.
- Seplands (2005) “Proposta de Atendimento de Energia Elétrica em Comunidades Isoladas do Vale do Juruá, Purus, Tarauacá-Envira e Reserva Agro-Extrativista Chico Mendes”. Rio Branco, AC. *Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico-Sustentável (Seplands)*. 53 páginas.
- Shubart, H.O.R. (1989) “A Questão Ecológica na Amazônia: Certezas e Incertezas”. *C&T no Processo de Desenvolvimento da Região Amazônica*. Brasília, DF. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Programa do Trópico Úmido - PTU. 2ª Edição, Vol. 1, pp. 69-119.
- Smil, Vaclav (1994: 168-169) *Energy in World History*. Boulder, Co, USA. Westview Press. 300 páginas.
- Souza, Zulcy de (1999) “PCH de Baixa Queda”. Montevideo, Uruguay. Grupo de Trabalho sobre hidromecânica. *Trabalho apresentado na 5ª Reunião do Instituto de Mecânica de Fluidos e Ingeniería Ambiental - IMFLA*.
- Souza, Z. & Viana, A.N.C. (1983) “Bombas Funcionando como Turbinas”. Itajubá, MG. *Publicação Interna do Laboratório Hidromecânico para Pequenas Centrais Hidrelétricas*. Escola Federal de Engenharia. 19 p.
- TCA - Tratado de Cooperacion Amazónica (1992) *Amazonia sin Mitos*. Washington, DC, USA. Comisión Amazónica de Desarrollo y Medio Ambiente (TCA). Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 111 páginas.
- TCU (2003) “Avaliação do TCU sobre o Programa Energia das Pequenas Comunidades”. Brasília, DF. *Tribunal de Contas da União*. Acórdão nº 598/2003-TCU-Plenário.
- Tatti, E. & Sirtori, A. (1937) “Use of Peanut Oil in Injection, High-Compression, High-Speed Automobile Motors”. *Energia Termica*. nº 7. pp. 59-64.
- Tiago Filho, G. L. (2004) “Estado da Arte dos Componentes de PCHs no Brasil”. Brasília, DF. *Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAE CX'2004*. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 22 páginas.
- Tiba, Chigueru (2000) *Atlas Solarimétrico do Brasil: Banco de Dados Terrestres*. Recife, PE. Edição Universitária da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). 111 páginas.
- Tocantins, Leandro (1988). *Rio Comanda a Vida: Uma Interpretação da Amazônia*. Rio de Janeiro, RJ. Editora Record.
- UCM (2004) “Images”. **Resita, Ru**. UCM Ruesita S.A.
- Ushima, Ademar Hakuo (2004) “Geração de Energia Elétrica Distribuída a Partir da Gaseificação de Biomassa”. Brasília, DF. *Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAE CX'2004*. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 17 páginas.

- Valença, Waleska F.S. (1991) “A Dimensão Urbana dos Impactos da Hidrelétrica de Tucuruí”. Rio de Janeiro, RJ. **Dissertação de Mestrado**. Comissão de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ).
- Vasconcellos, Vania L.D. & Di Lascio, Marco A. (1995) “Reflexos Ambientais dos Projetos de Ocupação em Rondônia”. Goiânia, GO. 15 a 21 de outubro. **VI Simpósio de Geografia Física Aplicada**. Anais pp. 595-599.
- Vale, Silvio B. (2000) “Monitoração e Análise de um Sistema Híbrido Eólico-Diesel para Geração de Eletricidade”. Belém, PA. 28/02/00. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Pará (UFPA). 122 páginas.
- Van Els, Rudi H.; Campos, Clovis de Oliveira & Salomon, Lucio B.R. (2004) “Turbinas Hidrocinéticas no Brasil”. Brasília, DF. **Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAEEX'2004**. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 9 páginas.
- Van Els, Rudi H. (2006) “Subsídios para o Plano de Desenvolvimento do Caranã”. Brasília, DF. **Laboratório de Energia e Ambiente, Universidade de Brasília**. 17 páginas.
- Viana, Augusto N.C. (2007) “Modelo Energético Sustentável Envolvendo Organizações de Bases Comunitária na Cachoeira do Aruã”. Brasília, DF. 14-15/05/07. **Segundo Seminário de Monitoramento dos Projetos Pilotos com Energias Renováveis para Atendimento de Comunidades Isoladas**. Programa CT-Energ/MME/CNPq-03/2003. Ministério de Minas e Energia.
- Viola, E. & Leis, H.R. (1995) “A Evolução das Políticas Ambientais no Brasil, 1971-1991: do Bissetorialismo Preservacionista para o Multissetorialismo Orientado para o Desenvolvimento Sustentável”. In: **Dilemas Socioambientais e Desenvolvimento Sustentável**. Daniel Joseph Hogan e Paulo Freire Vieira. Campinas, SP. Editora Unicamp, Coleção Momento.
- Zacca, Eliana (2001) “Estratégias para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia”. In: **Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia**. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente - MMA. pp. 369-388, em 425 páginas.
- Zilles, Roberto (2004) “A Regulamentação dos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares e sua Aplicação à Realidade da Amazônia.” Brasília, DF. **Primeiro Seminário sobre Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAEEX'2004**. 03, 04, 17 e 18 de junho de 2004. Ministério de Minas e Energia (MME) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 12 páginas.
- Zilles, Roberto (2007) “Relatório Final: Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares Implantados na Comunidade de São Francisco do Aiucá, Município de Tefé no Estado do Amazonas”. **Projeto CT-Energ/MME/CNPq-03/2003**. 10 páginas.
- Zilles, Roberto & Fedrizzi, Maria Cristina (1998) “Energização Solar Fotovoltaica de Quatro Comunidades Isoladas na Região do Alto Solimões”. **Relatório Interno do IEE/USP Sobre a Primeira Viagem de Campo do Projeto Trópico Úmido**. São Paulo, SP. Mimeo.
- Zorpette, Glen (1988) “The Pacific Intertie”. **IEEE Spectrum**. Vol. 25, nº 11. pp. 92-97.
- Walton, J. (1938) “The Fuel Possibilities of Vegetable Oils”. **Gas and Oil Power**. nº 33, pp. 167-168.
- World Bank (2005) “Brazil Background Study for a National Rural Electrification Strategy: Aiming for Universal Access”. Washington, D.C., U.S.A. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). **The World Bank Report**. 176 páginas.

Programa
LUZ
para todos

ISBN 978-85-9834103-3



Brasil

Projeto BRA 99/011



Banco Interamericano
de Desenvolvimento

Ministério de
Minas e Energia

